E 2039

REFERÁLVA

MW

1

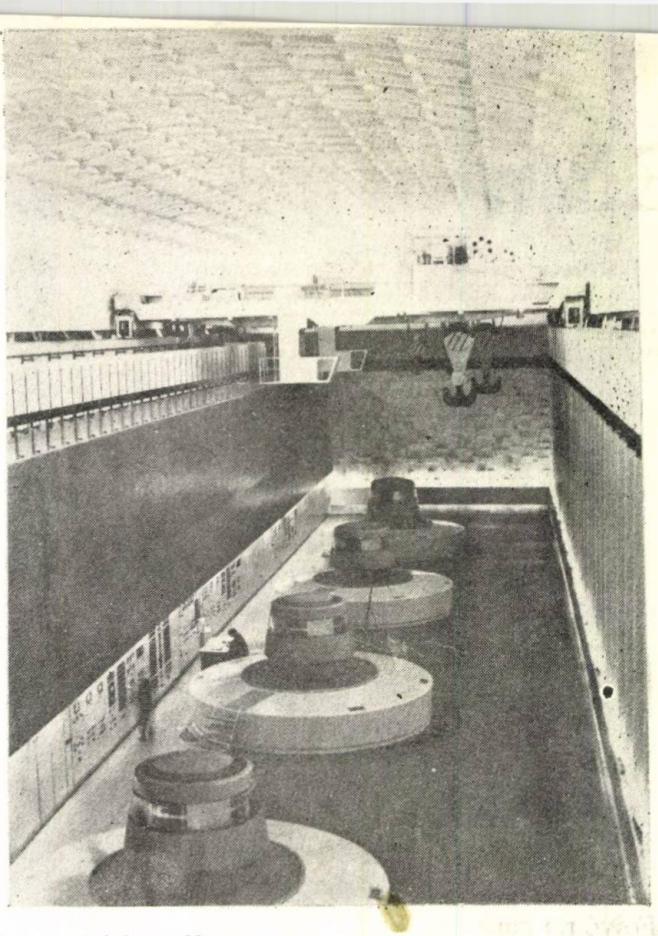
VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
IANUARIE 1982

energetica

0 6 12

I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :

RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

APARE SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **1** ianuarie 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

r. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil djunct)
ng. **St. Berenghi**
ing. **P. Cartianu**
ing. **M. M. Dăneilă**
ing. **H. Furtunescu**
ing. **N. Georgian**
dr. ing. **Gh. Luca**
dr. chim. **Maria Maftei**
dr. ing. **G. Manoleseu**
ing. **B. Marcu**
dr. ing. **A. Măeriş**

ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct),

dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)

prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
dr. ing. **E. Pavel**
dr. ing. **T. Popa**

dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista ENERGETICA este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74 568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20.67.30, 21.46.30

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

Gh. Tilea

Preocupări în cadrul Centrului de cercetare şi proiectare pentru fabricaţia de ţevi şi trefilate în vederea reducerii consumului de energie electrică şi combustibil la întreprinderea de ţevi „Republica"-Bucureşti 1—5

O. Ţuţuianu

Termoviziunea în sprijinul acţiunilor de economisire a energiei 5—9

T. Sârbu Osvath, Szabolcs

Considerente cu privire la efectele economice ale scăderii puterii calorice pentru lignitul livrat centralelor termoelectrice 9—13

M. Nemeş, D. Văcaru, St. Arenstein

Factorul de supratensiune la scurtcircuit monofazat în reţelele de distribuţie cu neutrul tratat prin rezistor de limitare 13—16

Al. Tănăsescu, H. Măriej

Impedanţele cablurilor cu izolaţie de polietilenă termoplastică tip A2YSY-12/20 kV 17—22

Şt. Panţu

Metode de pasivare a suprafeţelor metalice active din construcţia transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune 23—26

C. Haiduc

Cercetări pe modele asupra procesului de transfer de căldură la fierberea apei pe elemente de combustibil nuclear, prevăzute cu ondulaţii triunghiulare rotunjite la vîrf şi bază 27—34

NOTE TEHNICE

P. Dordea

Prevenirea coroziunilor suprafeţelor metalice de schimb de căldură ale cazanelor de abur şi apă fierbinte ce folosesc drept combustibil păcură cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu 34

E. Ataman

Posibilităţi de reducere a oxizilor de azot din gazele arse de la termocentrale 35

CRONICĂ
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE
RECENZII
PUBLICAŢII RECENTE
DIN SUMARUL REVISTELOR

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Tureu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — şef Oficiul de informare documentară pentru energetică
Alice Anastaseseu — redactor principal
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. Sector 3. Tarif pentru întreprinderi şi instituţii : 100 lei anual ; tarif pentru abonamente individuale : 30 lei anual. Costul unui exemplar : 5 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona adresîndu-se la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/6463/1982

41 401

Preocupări în cadrul Centrului de cercetare și proiectare pentru fabricație de țevi și trefilate în vederea reducerii consumului de energie electrică și combustibil la întreprinderea de țevi „Republica"-București

Ing. **Gh. Tilea***)

Cerințele actuale și de perspectivă ale progresului economico-social al țării noastre, la care se adaugă implicațiile generate de criza energetică pe plan mondial, definesc energia ca una din problemele vitale în strategia dezvoltării României în următoarele decenii. Potrivit Directivelor Congresului al XII-lea, producția industrială netă urmează a spori în viitorul cincinal cu 54—61%.

Acest spor este necesar să se obțină în condițiile îmbunătățirii calitative a actualei structuri a producției și reducerii hotărîte a consumurilor energetice încă mari. În acest sens, Programul de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pornește de la necesitatea ca, în viitorul deceniu, România să devină independentă din punctul de vedere al combustibilului și energiei.

Ca un prim pas pe calea cuceririi acestei independențe energetice, Directivele Congresului al XII-lea au înscris sarcina de a se realiza în cursul cincinalului 1981—1985 o reducere de cel puțin 21—23% a indicelui de consum de energie primară în industrie.

„Va trebui să ne gîndim serios la înlocuirea completă a unor tehnologii, la înlăturarea unor produse mari consumatoare de petrol, de energie" — sublinia tovarășul Nicolae Ceaușescu într-una din magistralele sale cuvîntări.

A milita pentru economisirea energiei, pentru reducerea substanțială a consumului energetic pe unitatea de produs în industrie, transporturi, agricultură, construcții, înseamnă a contribui la asigurarea unei cote înaintate, superioare a eficienței economice.

Economisirea energiei implică o activitate continuă de valorificare a cercetării și proiectării din toate domeniile care concură la realizarea programelor și măsurilor ce vizează o gospodărire judicioasă a energiei sub toate formele ei. Se constată că raportul în care se găsește consumul cumulat de rezerve energetice față de consumul final pentru un produs variază în metalurgia feroasă între 1,1 și 23,9, iar în metalurgia neferoasă între 1,2 și 75,9. Aceste raporturi evidențiază faptul că numai atunci cînd se ia în considerare consumul cumulat de resurse energetice drept criteriu de bază pentru aprecierea gradului de energointensivitate a ramurilor și produselor se poate determina în mod corect, la nivelul economiei naționale, efortul real din punctul de vedere al necesarului de resurse energetice.

Rolul energeticienilor nu se încheie odată cu punerea în funcțiune a instalațiilor energetice, ci este necesar să se manifeste în continuare, și în unele cazuri cu insistență deosebită, în sensul asigurării unor condiții optime pentru gospodărirea rațională și economisirea energiei electrice în toate întreprinderile industriale, printr-o preocupare permanentă, împreună cu tehnologii din fiecare întreprindere, în vederea creării unor condiții tehnico-organizatorice cît mai bune de desfășurare a proceselor de producție, pentru reducerea consumului de combustibil și energie electrică.

Din preocupările CCPFTT privind economia de combustibil și energie electrică se pot cita:

— măsuri pentru compensarea factorului de putere și de filtrare a armonicilor superioare de curent generate de convertizoarele cu tiristoare sau de redresoarele cu vapori de mercur, utilizate la acționările electrice;

— amplasarea transformatoarelor de putere în aer liber, atît în interiorul halelor de producție, cît și în exteriorul acestora;

— înlocuirea acționărilor electrice realizate prin schema motor-generator, sau cu surse de curent continuu prin convertizoare cu tiristoare;

— prevederea aproape în exclusivitate a iluminatului artificial realizat cu lămpi fluorescente sau cu vapori de mercur și aprinderea, respectiv stingerea acestuia, pe zone;

— dimensionarea corectă și bine acordată a motoarelor electrice de acționare a mecanismelor antrenate, precum și a transformatoarelor de putere;

— utilizarea tensiunilor cu valori superioare, cum sînt, 6, 10, 20 și 110 kV și a stațiilor de racord adînc;

— alegerea de trasee foarte scurte pentru cabluri și pozarea acestora în special pe construcția metalică a halelor;

— recuperarea căldurii din produsele laminate pe patul de răcire al acestora;

— modernizarea cuptoarelor de încălzire și tratament termic în secțiile de laminare;

— înlocuirea cuptoarelor de încălzire și tratament termic cu randamente scăzute ce consumă hidrocarburi, prin cuptoare cu inducție moderne cu randamente superioare;

*) Ing. Gheordhe Tilea este cercetător la CCPFTT-București.

— gruparea simetrică a consumatorilor electrici monofazați pe cele trei faze ale sistemului electric;

— ridicarea temperaturii de preîncălzire a aerului de combustie al cuptoarelor industriale la limita maximă optimă;

— întocmirea bilanțurilor energetice de proiect, care se elaborează odată cu proiectarea instalațiilor noi.

1. Elemente caracteristice laminoarelor care influențează consumul de energie

Din punct de vedere electroenergetic, laminoarele se caracterizează prin:

— puteri instalate mari;

— regim de lucru cu șocuri de sarcină. La laminoarele continue, perioadele de sarcină alternează cu perioada de mers în gol. La laminoarele reversibile, regimul este intermitent, frecvent repetat, cu pînă la 300 reversări pe oră, cu accelerări și decelerări importante;

— reglaj de viteze. Circa 80% din totalul consumatorilor tehnologici comportă reglaj de viteză în limite largi și precizii înalte de reglaj de viteză sau de poziție;

— randamente de utilizare scăzute. Energia electrică primită la tensiunea de 110 kV trece totdeauna prin una sau mai multe trepte de transformare. Considerînd toate elementele care intervin de la rețeaua de 110 kV pînă la consumator, randamentul total pentru ansamblul unui motor de curent continuu 220 V, alimentat prin convertizor cu tiristoare, coboară pînă la 0,78.

Soluțiile de alimentare a motoarelor reglabile sînt:

a) grup rotativ motor generator;

b) redresoare cu vapori de mercur comandate;

c) convertizoare cu tiristoare.

2. Exemple de soluții de cercetare-proiectare pentru îmbunătățirea unor soluții proiectate care conduc la economii de energie

2.1. În sectorul de laminare a fost utilizată soluția motor-generator, pentru alimentarea acționărilor electrice ale diferitelor mecanisme principale și auxiliare. Această soluție presupune un consum relativ mai ridicat, din cauza randamentului scăzut al întregului ansamblu motor-generator. Din acest motiv, o preocupare importantă în acest domeniu constă în aceea că noile laminoare au fost dotate cu sursă de curent continuu, convertizoare cu tiristoare. În plus se întocmesc studii în prezent pentru modernizarea laminoarelor existente, avîndu-se în vedere, pe această linie, ca actualele surse de curent continuu, în soluția motor-generator, să fie înlocuite cu convertizoare cu tiristoare. Se are în vedere modernizarea instalațiilor de la majoritatea acționărilor electrice alimentate în soluția motor-generator.

Pentru ilustrarea celor menționate, se poate arăta că pentru o secție de extruzie și laminare la rece, prin utilizarea soluției de alimentare cu convertizoare cu tiristoare se preconizează o economie de energie de circa 2 000 000 kWh/an.

Pe lîngă economia de energie electrică, grupurile convertizoare statice mai au următoarele avantaje:

— constante de timp neglijabile datorită lipsei elementelor de inerție;

— lipsa pieselor în mișcare, deci lipsa de zgomot și de piese uzate;

— permit comanda ușoară și precisă a tensiunii redresate, avînd ca efect direct realizarea rapidă a pornirii, opririi și reversării motoarelor de curent continuu;

— siguranță mare în exploatare, întreținere redusă și rapidă;

— nu necesită fundații masive de beton, permițînd realizarea unor săli de aparataj de construcție simplă;

— pornirea rapidă, fără mari pregătiri prealabile.

O altă cale, pusă în practică, de economisire a energiei electrice a fost aceea de înlocuire a convertizoarelor cu cuve cu vapori de mercur, cu convertizoare cu semiconductoare. Economia de energie electrică se datorează randamentului superior al convertizoarelor cu tiristoare (cu 2%) față de redresoarele cu vapori de mercur. Prin această schimbare de soluție la IT „Republica"-București se obțin economii de 250 000 kWh/an.

Dimensionarea instalațiilor de ventilație aferente stațiilor de aparataj și motoarelor cu ventilație forțată se făcea pe baza pierderilor de căldură ale consumatorilor, apreciate la 10% din puterea instalată — în concordanță cu practica mai multor firme de specialitate.

În urma unor analize efectuate în cadrul centrului, s-au stabilit pierderi de căldură diferențiate, cuprinse între 4% și 8% din puterea instalată a consumatorului.

Prin această măsură, pe lîngă economii de investiții, se apreciază o economie de energie electrică, prin micșorarea puterii motoarelor ventilatoarelor, de circa 1 500 000 kWh/an.

2.2. Instalațiile moderne aferente laminoarelor dispun de acționări electrice, automatizate și alimentate prin convertizoare cu tiristoare. Majoritatea consumatorilor sînt motoare de curent continuu cu reglaj de viteză, alimentate de la convertizoare cu tiristoare.

Acestea au un randament bun, în comparație cu soluția motor-generator. În schimb, prezența convertizoarelor cu tiristoare conduce la un factor de putere destul de scăzut: circa 0,60—0,65 pe ansamblul unui laminor,

precum și un factor de distorsionare a tensiunii relativ ridicat, din cauza prezenței armonicilor superioare de curent.

Din această cauză, pe bază de măsurători și studii, pentru fiecare laminor sînt prevăzute instalații de compensare a factorului de putere și filtrare a armonicilor superioare de curent, cu circuite LC la tensiunea de 6 kV, precum și cu baterii de condensatoare pe partea de joasă tensiune.

În felul acesta sînt micșorate pierderile de energie electrică care s-ar fi datorat transportului energiei electrice reactive prin linii electrice aeriene, transformatoare, cabluri etc., precum și datorită circulației armonicilor de ordin superior în rețeaua electrică de alimentare.

2.3. În cadrul preocupărilor centrului, în vederea reducerii consumului de energie electrică, poate fi menționată și alegerea optimă a tensiunilor pentru alimentarea consumatorului. Astfel, pentru IT „Republica"-București, recunoscut ca un mare consumator de energie electrică cu un consum anual de peste 100 mil. kWh, a fost prevăzută o stație de alimentare de racord adînc, echipată cu transformatoare de forță de 40 MVA, 110/6 kV.

Se studiază amplasamentul transformatoarelor și al dulapurilor de joasă tensiune sau cu convertizoare aferente, astfel încît distanța între acestea să fie minimă, realizată cu tronsoane foarte scurte de bare capsulate. În felul acesta, pierderile în legăturile de înaltă, medie și joasă tensiune devin minime.

Pozarea cablurilor a fost realizată, în general, pe construcția metalică a halelor, tunelurile de cabluri fiind realizate numai pe anumite porțiuni impuse de tehnologie sau de numărul mare de cabluri.

Prin pozarea cablurilor în hală, pe construcția metalică a acesteia, căldura degajată ajută la încălzirea halei. Pe de altă parte, nu mai este necesar să se consume energie electrică pentru ventilarea tunelurilor de cabluri în cazul adoptării pozării cablurilor în hale.

Amplasarea transformatoarelor de putere se face în aer liber, fără boxe, atît în interiorul halelor de producție, cît și în exteriorul acestora.

În felul acesta, pe lîngă economiile de materiale de construcție, datorită eliminării boxelor, rezultă o economie evidentă de energie electrică, prin faptul că ventilația se face pe căi naturale, fără să mai fie necesar să se mai monteze ventilatoare.

Economia este cu atît mai evidentă cu cît numărul și puterea transformatoarelor sînt mai mari (în cazul de față de la 1600 la 40 000 kVA). Se poate observa cît de importantă este economia de energie electrică, ținînd seama că, pentru transformatoare, pierderile în gol și în sarcină sînt relativ ridicate.

Alegerea corectă în faza de proiectare a transformatoarelor electrice duce la economie de energie electrică. Este cunoscut faptul că funcționarea subîncărcată a transformatoarelor este dezavantajoasă. Este necesar uneori să se prevadă transformatoare cu puteri mai mari decît este nevoie pentru a putea avea o putere de scurtcircuit suficientă, care să mențină tensiunea constantă pe bare la șocurile de putere reactivă pe care le creează acționările cu tiristoare.

În cazurile în care se poate, la alegerea transformatoarelor, se ține seama și de posibilitatea ca acestea să funcționeze în regim de supraîncărcare nepericuloasă.

2.4. Instalațiile de iluminat artificial din halele și construcțiile aferente laminoarelor conduc la un consum relativ ridicat, dată fiind suprafața foarte mare iluminată, precum și lucrul în trei schimburi și fără oprire în tot timpul unui an calendaristic.

Pe linia economiei de energie electrică, se merge pe soluția ca halele să dispună de cît mai multă lumină naturală, practicîndu-se ferestre și luminatoare pe suprafețe foarte mari, astfel încît, în timpul zilei, folosirea iluminatului artificial să nu fie necesară.

Iluminatul artificial este realizat cu lămpi cu vapori de mercur sau cu tuburi fluorescente, în funcție de înălțimea halelor sau construcțiilor ce trebuie iluminate.

O preocupare permanentă este ca, prin proiectare, să fie asigurată posibilitatea ca, în exploatare, aprinderea și respectiv stingerea iluminatului să se facă pe zone sau pe șiruri de lămpi în mod alternativ, prin aceasta, menținîndu-se în funcționare numai numărul strict necesar de lămpi pentru procesul tehnologic și conjugat cu iluminatul artificial.

2.5. De asemenea, o economie importantă de energie electrică se obține prin punerea în funcționare a turbocompresoarelor, care înlocuiesc compresoarele cu piston pentru producerea aerului comprimat avînd un consum specific cu 15% mai scăzut, respectiv o economie de circa 1 650 000 kWh/an.

2.6. Pentru tratamentul termic al țevilor, în vederea creșterii caracteristicilor mecanice ale produselor, valorificarea superioară a metalului și înlocuirea importurilor, au fost concepute și realizate instalații de încălzire prin inducție, după cum urmează:

— instalații de încălzire pentru tratamentul termic al țevilor din oțeluri inoxidabile și refractare la secția trăgătorie;

— instalații de încălzire prin inducție pentru tratamentul termic al țevilor sudate pe generatoare la Întreprinderea de țevi sudate București;

— cuptor electric pentru încălzirea capetelor de țevi în vederea tragerii la secția extruzie;

— cuptor electric pentru fretare-defretare extruzie;

— instalaţie de încălzire prin inducţie pentru tratamentul termic al prăjinilor de foraj cu racorduri sudate.

Este de menţionat că aceste instalaţii vor funcţiona cu randament de peste 80% faţă de 8—20%, cît este randamentul cuptoarelor clasice pe hidrocarburi.

De asemenea, sînt în stadiu de execuţie cuptoarele cu inducţie pentru încălzirea capetelor de ţevi în vederea refulării, precum şi tratamentul termic al acestora după refulare.

Prin utilizarea acestor instalaţii se vor obţine economii de combustibil de circa 8 500 t c.c./an.

Avantajele încălzirii prin inducţie, comparativ cu alte metode de încălzire, constau în următoarele:

— energia electrică se transmite direct piesei de încălzit, ceea ce permite creşterea considerabilă a vitezei de încălzire, faţă de cuptoarele cu încălzire indirectă, în care piesele se încălzesc numai de la suprafaţă;

— la încălzirea prin inducţie, transmiterea energiei electrice la piesele de încălzit nu necesită dispozitive cu contacte, ceea ce simplifică construcţia şi permite utilizarea acestei metode în condiţiile unei producţii automatizate în flux, cu folosirea vidului şi a mediilor protectoare;

— puterea maximă se degajă în stratul superficial al piesei de încălzit, ceea ce, în cazul călirii, asigură încălzirea rapidă a suprafeţei piesei şi permite obţinerea unei durităţi indicate de suprafaţă; procedeul de călire prin inducţie este mai rapid şi mai economic decît celelalte procedee de durificare a suprafeţelor pieselor;

— în majoritatea cazurilor, metoda încălzirii prin inducţie ridică productivitatea muncii şi îmbunătăţeşte în mod considerabil condiţiile igienico-sanitare de producţie;

— piesele nu se oxidează, din cauza timpului scurt de încălzire, ceea ce uşurează operaţiile de curăţire a piesei după tratamentul termic;

— dezvoltarea căldurii producîndu-se direct în corpul încălzit, la o izolare termică satisfăcătoare, se pot atinge uşor temperaturi ridicate;

— încălzirea piesei începe imediat ce energia este transmisă de bobina de încălzire şi oprită imediat ce a încetat funcţionarea generatorului instalaţiei, ceea ce conduce la eliminarea mersului în gol;

— dimensiunile instalaţiilor de încălzire prin inducţie cu medie sau înaltă frecvenţă sînt foarte reduse, suprafaţa ocupată fiind cu mult mai mică decît în cazul cuptoarelor electrice; în plus, ele nu încălzesc aproape de loc mediul înconjurător;

— punerea în funcţiune a instalaţiei de inducţie se poate face într-un timp foarte scurt în comparaţie cu consumul mare de combustibil pentru încălzirea de la rece a cuptoarelor clasice;

— deservirea instalaţiilor de încălzire prin inducţie poate fi făcută de personal nespecializat, iar în cazul automatizării complexe a instalaţiei o singură persoană poate supraveghea mai multe locuri de muncă.

2.7. De asemenea, se are în vedere modernizarea laminoarelor existente la IT „Republica", cu scopul principal de reducere a consumului specific de metal şi energie. Acest lucru este posibil de realizat prin modificări importante ale proceselor tehnologice existente, constînd în principiu din eliminarea calibrelor de dimensiuni mici şi înlocuirea lor cu calibre mari, permiţînd astfel utilizarea unor ţagle cu dimensiuni sporite şi realizîndu-se o creştere a productivităţii fără a fi necesară o creştere proporţională a puterii instalate pe linia de laminare. Obţinerea ţevilor de dimensiuni mici va fi posibilă prin reducerea acestora, utilizînd integral căldura din timpul de laminare consumată la încălzirea iniţială a ţaglelor.

În acest fel se estimează o creştere a productivităţii cu 30—40% şi o reducere a consumurilor energetice cu 35—45%.

2.8. La proiectarea obiectivului privind extinderea producţiei de ţevi din oţeluri inoxidabile la IT „Republica", este avută în vedere utilizarea şpanului rezultat în procesul de pregătire a ţaglelor înainte de extrudare şi a capetelor de ţevi care apar ulterior pe fluxul tehnologic. Aceste deşeuri vor fi reintroduse în procesul de fabricaţie printr-un procedeu nou şi care constă din obţinerea eboşelor sub formă de ţevi direct din metal lichid prin turnare centrifugată. Eboşele urmează apoi să fie prelucrate pe laminoarele Pilger, obţinîndu-se ţevi finite cu caracteristici identice cu cele ale ţevilor realizate prin laminare sau extrudare. Prin acest procedeu se elimină din ciclul de fabricaţie operaţiile de turnare a lingourilor, laminarea de semifabricate, pregătirea semifabricatelor şi laminarea la cald a ţevilor, obţinîndu-se importante economii de metal şi implicit o reducere substanţială a consumurilor energetice.

2.9. De asemenea, ca urmare a înregistrării la Oficiul de invenţii a soluţiei de recuperare a căldurii ţevilor de pe patul de răcire, se prevede generalizarea acestei invenţii cu caracter republican, scontîndu-se pe o economie de combustibil numai la IT „Republica" de 1 500 t c.c./an.

2.10. În continuare, pe linia economiei de energie trebuie menţionat faptul că s-a studiat încălzirea halelor, găsindu-se noi căi şi mijloace pentru reducerea consumului de energie aferentă încălzirilor, prin eliminarea con-

sumurilor care nu sînt necesare, iar pe de altă parte adoptînd soluții noi, eficiente, care să conducă la economisirea căldurii fără diminuarea condițiilor de microclimat.

Din prima categorie face parte acțiunea de a nu prevedea încălzire în halele industriale, decît numai din motive tehnologice, sau ca o măsură de protecție a muncii.

Din cea de-a doua categorie fac parte măsurile luate ca adoptarea soluțiilor de încălzire a halelor să se facă pe baza criteriului energetic, prin considerarea atît a energiei înglobate în materialele instalațiilor, cît și a celei consumate în exploatare.

2.11. În cadrul CCPFTT sînt întocmite, pentru toate investițiile, bilanțuri de proiect pentru energia electrică și termică, în conformitate cu legile în vigoare.

Prin aceasta se stabilesc prin calcul o serie de elemente care devin pentru exploatare un ghid și o obligație. Se stabilește, la nivel de bilanț de proiect, randamentul general al unei secții sau unități, se stabilește deci energia intrată, energia consumată sub formă de pierderi, precum și consumul optim de energie electrică și combustibil pe tona de produs. Din bilanțurile energetice se poate observa modul corect sau mai puțin corect al dimensionării instalațiilor, încărcarea motoarelor, a transformatoarelor, dimensionarea cablurilor la încărcarea economică, încărcarea la capacitatea optimă a cuptoarelor de încălzit tehnologice etc. În urma unor constatări se poate lua hotărîrea remedierii eventualelor supradimensionări, care ar conduce la pierderi suplimentare de energie electrică și combustibil.

În cadrul centrului, cercetătorii și proiectanții sînt conștienți de sarcinile ce le au în permanență ca, prin soluțiile aplicate, să aducă economii importante de energie electrică și combustibil în secțiile ce le modernizează sau le realizează integral.

(Articol intrat în redacție la 27 iunie 1981)

Termoviziunea în sprijinul acțiunilor de economisire a energiei

Ing. O. Țuțuianu*)

Apărută în urmă cu două decenii, termoviziunea reprezintă o tehnologie de investigare nedistructivă a obiectelor din mediul înconjurător — aflate în stare de repaos sau în mișcare — prin transformarea radiațiilor infraroșii emise, reflectate sau transmise de acestea în imagini vizibile.

Utilizată inițial în tehnica militară, termoviziunea își găsește în prezent aplicații în cele mai diverse domenii, cum ar fi : prospecțiunile geologice (depistarea surselor geotermale), protecția mediului ambiant (localizarea surselor de poluare a aerului și apelor), prevenirea și stingerea incendiilor (depistarea focarelor de incendii în păduri și în alte zone greu accesibile), în medicină (diagnosticarea precoce a anumitor maladii), în industrie (controlul calității în construcția de mașini, măsurări de temperatură la furnale și cuptoare, analize mecanice și termice la motoare, diferite echipamente și instalații) etc.

1. Elemente componente și principiul de funcționare

Sistemele de termoviziune s-au perfecționat continuu sub aspectul performanțelor și al gabaritelor, atît în cazul aparaturilor de laborator (fig. 1), cît și al celor portabile autonome (fig. 2).

Principalele elemente componente ale oricărei instalații de termoviziune sînt (fig. 1 și 2):

— camera de recepție a radiațiilor infraroșii (camera IR);

— dispozitivul de afișare a imaginii termice a obiectelor intrate în cîmpul de vizualizare al camerei IR.

Camera IR captează nivelurile energetice ale radiațiilor infraroșii ale tuturor punctelor de pe suprafața controlată și le transformă în semnale video. Ea conține un sistem optic de vizualizare, un sistem de baleiaj mecanic cu prisme rotative și un detector de radiații infra-

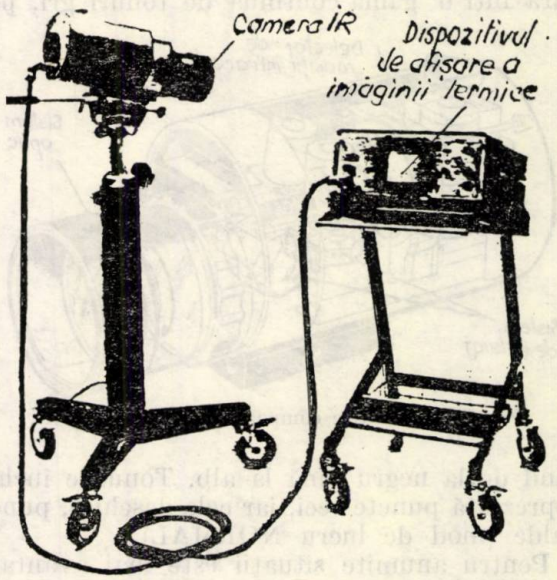


Fig. 1. Instalație de termoviziune de laborator.

*) Ing. O. Țuțuianu lucrează la Direcția tehnică din Ministerul Energiei Electrice.

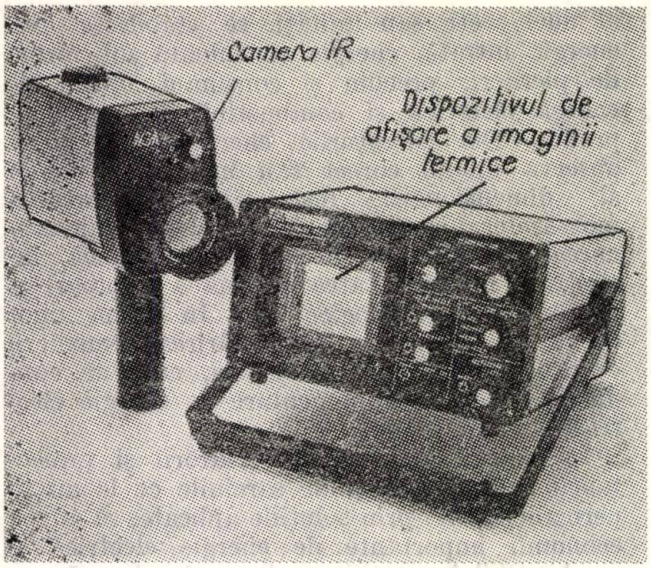


Fig. 2. Instalație de termoviziune portabilă.

roșii răcit cu azot lichid (fig. 3). Pentru asigurarea unui grad mare de supleţe, camera IR are prevăzute ca accesorii obiective interschimbabile, selectoare cu diafragmă pentru determinarea plajei de temperatură şi un set de filtre adaptate la caracteristicile spectrale ale radiaţiilor infraroşii.

După amplificare, semnalele video se transmit la dispozitivul de afişare, care conţine un tub catodic (monitor), racordul cu camera IR şi cu sursa de alimentare cu energie electrică, precum şi diverse butoane de comandă şi corecţii.

Detectorul camerei IR emite un semnal electric proporţional cu energia radiaţiei incidente, respectiv cu nivelul temperaturii suprafeţei vizualizate. Aceste semnale se transformă pe ecranul cinescop al dispozitivului de afişare în diverse tonuri de gri. Imaginea termică (termograma) redă diferenţele relative de temperatură într-o gamă continuă de tonuri gri, por-

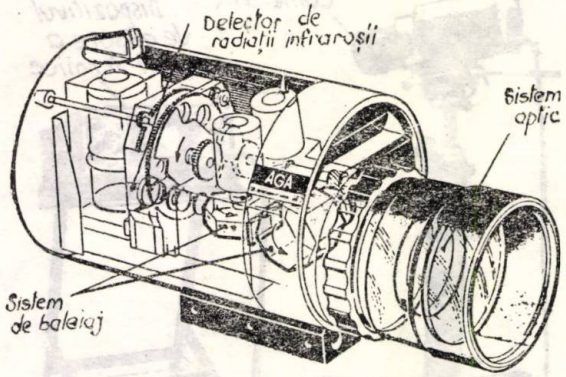


Fig. 3. Elementele componente ale camerei IR.

nind de la negru pînă la alb. Tonurile închise reprezintă puncte reci, iar cele deschise, puncte calde (mod de lucru NORMAL).

Pentru anumite situaţii este mai avantajos să se folosească modul de lucru INVERS, şi atunci semnificaţiile tonurilor care alcătuiesc termograma se inversează.

În cazul în care aprecierile calitative privind nivelul energetic al zonelor vizualizate nu sînt suficiente, se pot realiza imagini izotermice în culori.

2. Performanţe

Instalaţiile de termoviziune permit efectuarea de la distanţă a unor determinări precise ale temperaturilor relative şi absolute ale corpurilor într-o bandă foarte largă (—30°C la + 2000°C), cu posibilităţi de înregistrare a termoimaginii pe hîrtie alb-negru sau color, pe peliculă de film sau pe bandă magnetică. Precizia de măsurare la temperaturi apropiate de cele ale mediului ambiant este de circa 0,1—0,2°C, în timp ce la temperaturi de ordinul 1000°C, eroarea ajunge la ± (20—50°C).

Pentru determinarea temperaturii absolute a suprafeţelor investigate, trebuie cunoscută temperatura absolută a unui punct localizat cu precizie pe una din izotermele imaginii, precum şi emisivitatea suprafeţei.

3. Unele aplicaţii ale termoviziunii în domeniul conservării energiei

În ultima vreme, după declanşarea crizei de energie, termoviziunea a început să fie aplicată şi în scopul depistării pierderilor de căldură în procesele şi instalaţiile industriale, precum şi în construcţiile de locuinţe.

Din gama foarte largă de aplicaţii ale termoviziunii în domeniul conservării energiei, prin reducerea consumurilor energetice, ne vom opri la următoarele :

3.1. *Controlul izolaţiei termice şi al etanşeităţii conductelor şi reţelelor termice*

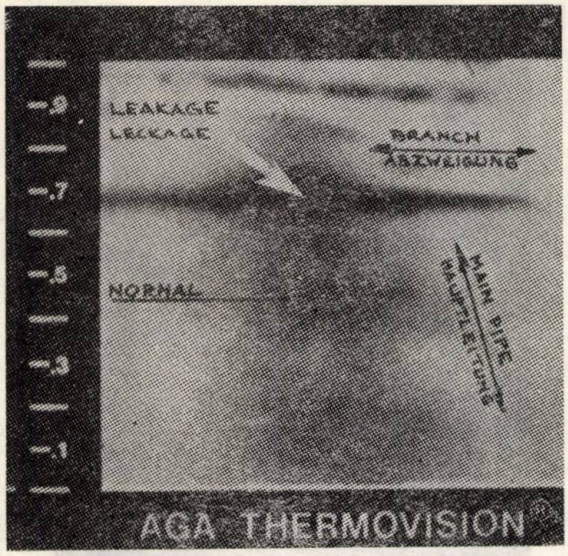
Metodele clasice nu permit un control operativ şi eficient al stării izolaţiei termice şi al scăpărilor de agenţi termici prin pori şi fisuri la conductele şi reţelele termice, mai ales în cazul elementelor amplasate subteran sau în zone greu accesibile.

Cu ajutorul unei instalaţii de termoviziune montate pe un autovehicul de teren, se pot inspecta reţelele subterane de termoficare. Perioada propice pentru măsurare este septembrie-mai, iar momentul recomandat este în timpul nopţii sau dimineaţa devreme, pentru evitarea radiaţiei solare şi a traficului rutier încărcat.

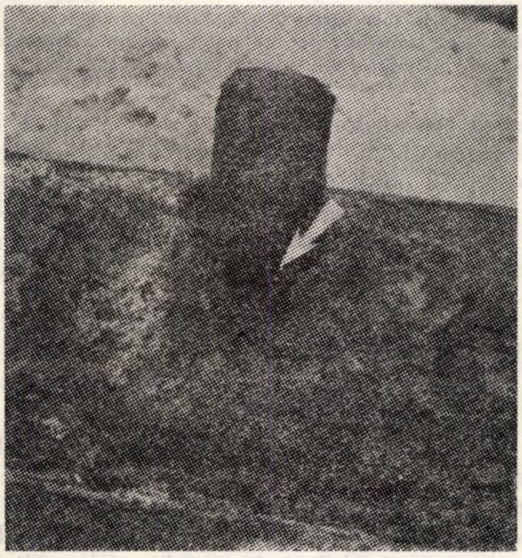
După sesizarea unui punct „cald", se opreşte autovehiculul şi se măsoară diferenţa de temperatură dintre partea „normală" a conductei şi punctul cald.

Din experimentările efectuate în Danemarca, pe parcursul a cinci ani, a rezultat că diferenţe de temperatură (constatate la citirea termo-

gramelor) de 1,5—4,5°C indică o izolație umedă sau defectă; cele de 4,5—7,5°C sînt cauzate de izolații defecte sau pori în conducte; diferențe de peste 7,5°C pun în evidență fisuri (fig. 4).



a)



b)

Fig. 4. Depistarea prin control termografic a fisurilor la rețele de termoficare subterane:

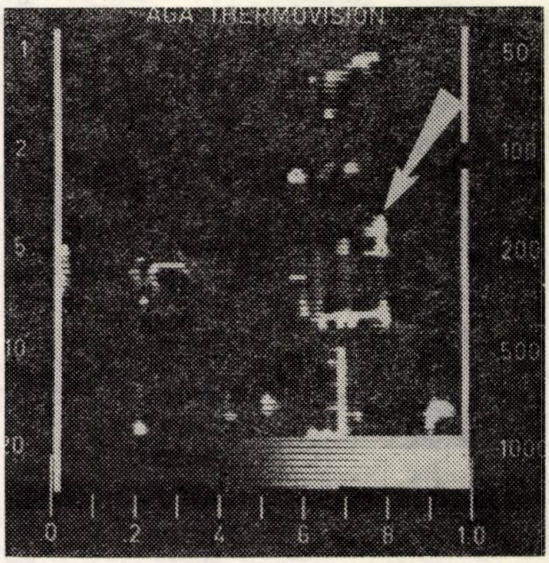
a — termogramă în sistemul de lucru „Invers". Porțiunea întunecată, indicată de săgeată, semnalează o zonă cu pierderi de agent termic *b* — fisură descoperită în conductă în zona suspectă arătată de termograma din fig. 4*a*.

Pe lîngă înregistrarea fotografică (Polaroid sau film normal), pata caldă poate fi marcată cu vopsea direct pe stradă, acest procedeu înlesnind personalului de intervenție găsirea locului suspect.

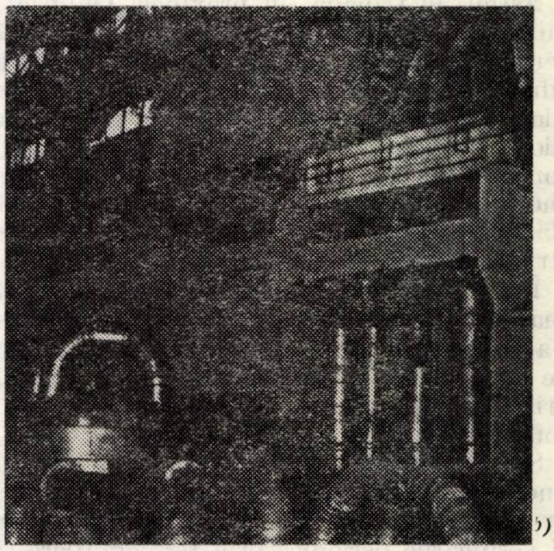
Inspecția de rutină de 3—4 ori pe an a rețelelor de termoficare a contribuit la reducerea considerabilă a pierderilor de apă prin neetanșeități [1].

Testările efectuate în unele centrale termoelectrice la noi în țară, cu o instalație de termoviziune din dotarea INCREST-București, au pus în evidență zone cu pierderi de căldură prin izolația termică a conductelor (la coturi, la manșoanele care acoperă reperele pentru controlul fluajului, în dreptul suporturilor) [6].

În figura 5 se prezintă o imagine în spectrul vizibil și, respectiv, termograma unor conducte de abur viu, ultima evidențiind prin petele



a)



b)

Fig. 5. Imagini ale conductelor de abur viu într-o centrală electrică:

a — imagine în spectrul vizibil; *b* — imagine termografică neutră.

de culoare deschisă locurile unde există pierderi de căldură prin izolația termică.

Măsurătorile termografice mai pot demonstra gradul de murdărire a suprafețelor de schimb de căldură la diferite echipamente și instalații, funcționarea incorectă a separatoarelor (oalelor) de condensat etc.

3.2. Controlul izolației termice a construcțiilor

Pierderi importante de căldură, care se traduc prin consumuri suplimentare de combustibil în sursele de producere, au loc prin

pereții slab izolați, precum și prin neetanșeitățile ușilor și ferestrelor la clădirile civile și industriale.

Cu ajutorul termoviziunii se pot localiza zonele cu astfel de pierderi (fig. 6), inclusiv în cazul acoperișurilor, pentru controlul cărora se folosesc termografieri aeriene din elicopter.

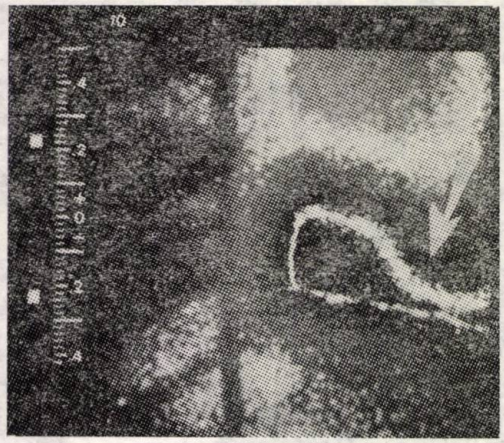


Fig. 6. Controlul termografic al locuințelor. Termogramă care evidențiază, în colțul de jos al camerei, o porțiune de zid cu rezistență termică slăbită (săgeata).

Astfel, în Canada, în provincia Ontario, s-a inițiat un program de investigare termografică aeriană a locuințelor, preconizîndu-se că prin aducerea izolației termice și a etanșeității pereților și acoperișurilor clădirilor la nivelul valorilor prevăzute în standarde, se pot reduce consumurile de combustibil și, în consecință, cheltuielile cu încălzire de circa 30% pentru clădirile mai vechi și cu circa 17% la cele construite în ultimii zece ani [3].

În S.U.A., după unele experimentări efectuate în anii 1975—1976 în statul New Jersey, s-a apreciat aportul termoviziunii în acțiunea de depistare a pierderilor de căldură la clădiri printr-o reducere cu 25% a consumurilor de combustibil [2].

Și în țările din nordul Europei, în special în Suedia, termoviziunea este folosită cu eficiență în tehnica construcțiilor, controlul la recepție și verificările periodice prin termografiere fiind reglementate prin standarde [4].

3.3. Depistarea contactelor imperfecte în instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice

Contactele imperfecte la diverse elemente ale aparatajelor și circuitelor electrice constituie surse de avarii și de pierderi de energie.

În prezent, inspecția termografică a instalațiilor electrice este folosită curent în peste 30 de țări, printre care: Anglia, Belgia, Brazilia, Franța, India, Italia, Norvegia, S.U.A., Suedia, Venezuela și altele (fig. 7).

Pentru controlul liniilor electrice de înaltă tensiune se practică termografierea aeriană din elicopter. În Italia, în perioada 1970—1975 au fost inspectate circa 237 000 componente ale instalațiilor electrice, din care la circa 1 500 s-au depistat puncte calde cu depășiri de temperatură față de normal de pînă la 30°C și circa 1 000 cu depășiri de 30°C și mai mari.

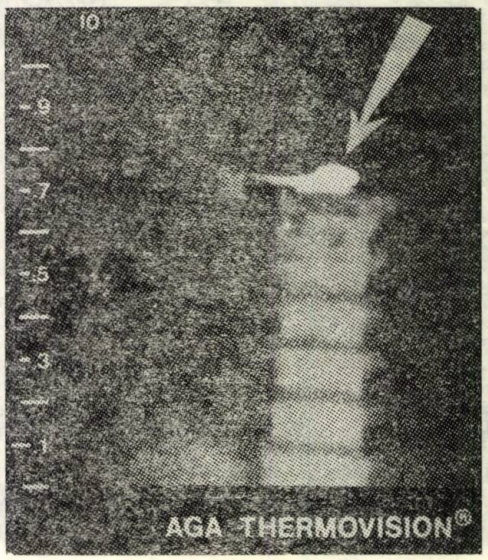


Fig. 7. Inspecția termografică a instalațiilor electrice. Termograma unui transformator de putere cu un contact imperfect la bornă (pata albă indicată de săgeată).

Luarea măsurilor în consecință a făcut ca în perioada 1975—1978 procentul de defecte sesizate prin controlul termografic să scadă de la 1% la 0,5%. Societatea ENEL din Italia apreciază astfel măsurile ce trebuie întreprinse la constatarea depășirii temperaturilor normale ale contactelor electrice:

— la depășiri < 5°C se verifică elementul la prima reparație planificată;

— la depășiri de 5—30°C se verifică elementul cu prima ocazie posibilă;

— la depășiri > 30°C se revizuiește imediat elementul.

Societatea Vincotte din Belgia utilizează o metodă mai complicată la calculul depășirilor de temperatură, luînd în considerație viteza și direcția vîntului, temperatura mediului ambiant, emisivitatea și condițiile specifice ale suprafeței investigate.

În urma practicării unui control termografic sistematic în cadrul a trei centrale electrice aparținînd acestei societăți, s-a redus numărul defectelor de la 2,35% în 1971 la 0,24% în 1977 [7].

Concluzii

Cele prezentate în articolul de față permit să se afirme că termoviziunea reprezintă un instrument eficient în acțiunile de economisire a energiei în diverse domenii. Practicarea controlului termografic periodic în instalațiile de producere, transport, distribuție și utilizare a

energiei electrice și termice conduce la raționalizarea consumurilor energetice atît prin localizarea pierderilor cît și prin depistarea într-o fază incipientă a defectelor care pot genera avarierea echipamentelor.

Considerăm că primele testări efectuate în acest scop la noi în țară, din inițiativa Ministerului Energiei Electrice (cu o instalație portabilă a firmei suedeze AGA Thermovision și cu una de laborator din dotarea INCREST-București), au demonstrat necesitatea implementării cît mai grabnice a acestei tehnologii și în R. S. România [5], [6].

Prin achiziționarea unor instalații de termoviziune portabile (alimentate cu energie electrică de la baterii autonome) și organizarea unor echipe de „service" în cadrul M.E.E., CPJ și M.C.Ind., care să efectueze controale de rutină în instalațiile energetice și, respectiv, asupra construcțiilor, investițiile aferente ar fi rapid amortizate prin reducerea consumurilor de combustibili în exploatare.

De asemenea, considerăm că într-o etapă următoare industria noastră constructoare de mașini ar putea să treacă la asimilarea instalațiilor de termoviziune, în vederea punerii lor la dispoziția tuturor sectoarelor care pot fructifica avantajele deosebite ale acestei moderne tehnologii de telemăsură și control.

Bibliografie

[1] Dresler, Th. *New the infrared technique can help to solve leakage problems in district heating systems.* AGA Thermovision, 1978.

[2] Grot, R., Harrje, D. și Johnston, L. *Application of thermography for evaluating effectiveness of retrofit measures.* Proceedings of the third biennal infrared information exchange, 1976, p. 103—117.

[3] McIntyre, H. *Aerial survey pinpoints Ontario energy losses.* În : Energy International, nr. 5, 1980, p. 15—16.

[4] Petterson, B. *Infrared thermography and thermal insulation in buildings.* Swedish national testing institute, Boras Sweden, 1978.

[5] Țuțuianu, O. *Utilizarea unor noi tehnologii bazate pe radiații infraroșii pentru depistarea pierderilor în transportul energiei termice.* În: Energetica nr. 5—6, 1980, p. 236—239.

[6] Hunyady, I. și Țuțuianu, O. *Aplicații ale termoviziunii la controlul instalațiilor energetice în vederea reducerii pierderilor de căldură.* Consfătuirea privind economisirea și gospodărirea rațională a energiei electrice și termice, Piatra Neamț, 16—18 aprilie 1980.

[7] * * * *The infrared observer.* AGA Infrared Systems, AB, 1979.

(Articol intrat în redacție la 7 noiembrie 1981)

Reducerea consumurilor specifice de combustibil și energie electrică în centralele electrice

Considerente cu privire la efectele economice ale scăderii puterii calorice pentru lignitul livrat centralelor termoelectrice

Ing. **T. Sârbu**
și ing. **Osvath Szabolcs***)

La baza măsurilor privind promovarea unor noi surse energetice stau și calculele legate de eficiența economică. Dacă în timpul exploatării condițiile inițiale nu se realizează, evident sînt abateri de la eficiența economică scontată. În mod normal aceste abateri nu trebuie să fie preluate de societate, ci de colectivele care le determină. Eforturile colectivelor de muncă pentru creșterea eficienței producției sînt reale numai dacă acestea reușesc să îmbunătățească indicatorii economici fără a se modifica condițiile inițiale.

În cadrul indicatorilor tehnico-economici aprobați, de mare importanță este costul energiei.

În componența acestui cost, o pondere însemnată o au cheltuielile legate de combustibil (70—75%), fiind evident că o mică abatere a acestora influențează cheltuielile totale.

Costurile privind combustibilul sînt dimensionate pentru utilizarea unui anumit sort de combustibil, cu puterile calorice aflate într-un anumit domeniu de valori. În acest domeniu se află și combustibilul de proiect, cu puterea calorică limită pentru care furnizorul de cazane garantează randamentul.

Cu cît conținutul de căldură în unitatea de greutate este mai mare, cheltuielile centralei electrice pentru transportul pe calea ferată, transportul intern (manipulare), prepararea, arderea cărbunelui, precum și evacuarea și depozitarea zgurii sînt mai mici. De asemenea vor fi mai reduse consumurile aferente de energie electrică, iar randamentul va crește.

Ca urmare a introducerii mecanizării în exploatarea lignitului, se creează condiții pentru creșterea conținutului de materii necombustibile, puterea calorică micșorîndu-se continuu, ceea ce înseamnă cantități fizice mari cu același conținut de căldură.

Conform reglementărilor actuale, decontarea costului cărbunelui se face funcție de puterea calorică realizată, fără a se ține însă seama de efectele economice datorate cărbunelui cu putere calorică diferită de cea de proiect.

*) Ing. Tiberiu Sârbu este directorul Întreprinderii Electrocentrale Oradea ; ing. Osvath Szabolcs este inginer principal la aceeași întreprindere.

Apare deci evidentă necesitatea unei corecții funcție de abaterea puterii calorice realizate față de puterea calorică de proiect.

Pornind de la aceste considerente, pentru a determina valoarea acestor corecții, s-au admis cheltuielile nule pentru un combustibil cu caracteristicile de proiect și s-au determinat cheltuielile suplimentare pentru o tonă de combustibil cu diverse puteri calorice.

De asemenea, s-au determinat consumurile suplimentare de energie electrică.

Calculele au fost efectuate pentru diverse categorii de cheltuieli suplimentare, trasîndu-se diagramele respective pentru cazul unei CET care are drept combustibil de proiect lignitul cu $Q_i = 2100$ kcal/kg.

În vederea utilizării diagramelor pentru alte puteri calorice de referință (diferite de 2100 kcal/kg), rezultatele obținute din diagrame se înmulțesc cu factorul K (fig. 1).

Din aplicația concretă, prezentată în anexă, a rezultat că în anul de calcul, ca urmare a livrării unui lignit cu puterea medie de 1924 kcal/kg, centrala a avut un volum de cheltuieli suplimentare de cel puțin 21 484 mii lei, consumînd suplimentar 6594 MWh, ceea ce reprezintă în medie în plus, pentru fiecare tonă de lignit aprovizionat, 7,89 lei, respectiv 2,42 kWh.

În concluzie, se propune să se țină seama de efectele economice ale considerentelor de mai sus pentru :

— justificarea indicatorilor economici aprobați ;

— inițierea unui nou sistem de decontare a lignitului între unitățile Ministerului Energiei Electrice și ale Ministerului Minelor ;

— planificările anuale și multianuale ;

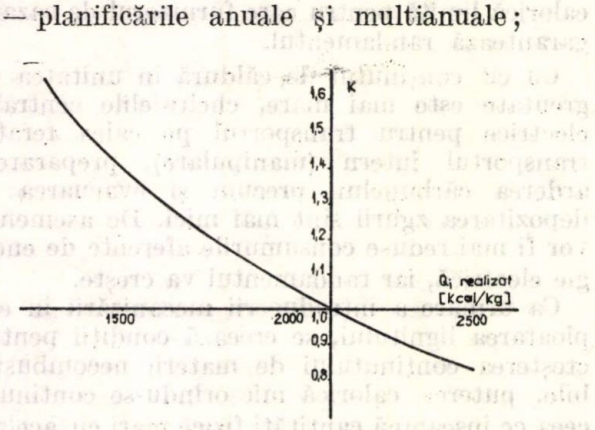


Fig. 1

— analizarea eforturilor colectivelor de oameni ai muncii din centralele electrice cu privire la reducerea consumului de energie electrică și a cheltuielilor materiale.

ANEXĂ

Calculul cheltuielilor suplimentare provocate de variația puterii calorice a cărbunelui

Pentru asigurarea conținutului de căldură necesar, prin utilizarea unui cărbune de calitate diferită de cea proiectată, este necesară vehicularea și arderea unei cantități diferite de cărbune, și anume :

$$\Delta B = B_2 - B_1,$$

în care

B_2 este consumul de cărbune realizat ;

B_1 — consumul de cărbune cu puterea calorică de referință (proiect).

Avînd în vedere că $B_1 \cdot Q_{i\ referință} = B_2 \cdot Q_{i\ realizat}$, rezultă :

$$\Delta B = B_1 \left(\frac{Q_{i\ ref.}}{Q_{i\ realiz.}} - 1 \right)$$

Se calculează variația cheltuielilor ΔC, datorate abaterii puterii calorice a cărbunelui cu $Q_{i\ realiz.}$ față de nivelul proiectat, $Q_{i\ ref.}$, pentru cantitatea $B_1 = 1$ t.

În cazul cazanelor analizate, combustibilul solid necesar pentru atingerea parametrilor proiectați (combustibil de proiect) trebuie să aibă $Q_i = 2100$ kcal/kg (Q_i de referință).

Prin $Q_{i\ realiz.}$ se înțelege puterea calorică a lignitului cumpărat (după concilierile contestațiilor cu furnizorii).

Astfel, pentru diverse valori ale lui $Q_{i\ realiz.}$ rezultă ΔB, ce reprezintă abaterea de greutate, pentru fiecare tonă de lignit, cu $Q_i \neq 2100$ kcal/kg.

$Q_{i\ realizat}$	ΔB [t/t]
2500	−0,16
2300	−0,086
2100	0,0
1900	0,105
1700	0,235
1500	0,400
1300	0,619

Cheltuieli suplimentare apar pentru : transport pe calea ferată, descărcare vagoane, transport intern și concasare, măcinare, pierderi în cazane, transport hidraulic al zgurii și cenușii, depozitarea zgurii și cenușii.

În vederea utilizării diagramelor pentru alte puteri calorice de referință, diferite de 2100 kcal/kg, rezultatele obținute se înmulțesc cu un coeficient de corecție K, citit din figura 1.

Consumul suplimentar de energie electrică, avînd o importanță deosebită, se reprezintă separat în diagramele ce urmează.

1. *Cheltuieli suplimentare cu transportul cărbunelui pe calea ferată*

Variația cheltuielilor de transport pe calea ferată funcție de distanță, la diverse valori ale puterii calorice a cărbunelui, este redată în figura 2.

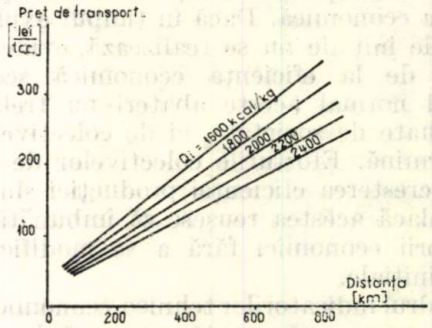


Fig. 2

Variația cheltuielilor pentru transportul pe calea ferată al cantității de cărbune ΔB, pe o distanță de 100 km, se calculează cu relația :

$$\Delta C_{CFR} = \Delta B \text{ [t/t]} \times 17 \text{ [lei/t]}$$

care este prezentată în figura 3.

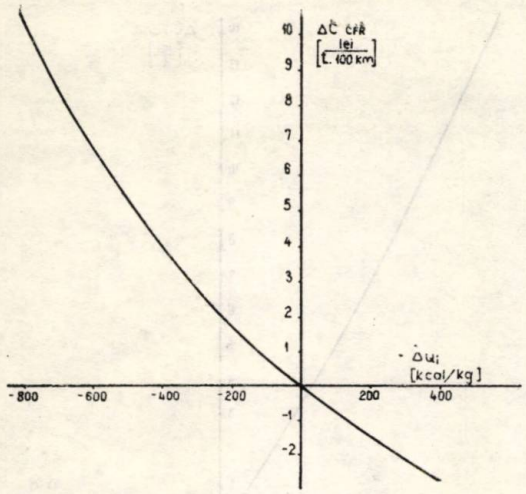


Fig. 3

2. *Cheltuieli suplimentare pentru descărcarea cărbunelui*

Cheltuielile cu retribuția descărcătorilor de vagoane pentru cantitatea de cărbune ΔB, cu prețul mediu realizat pentru descărcare de 0,31 lei/t, sînt:

$$\Delta C_{desc.} = \Delta B\ [t/t] \times 0{,}31\ \text{lei/t}$$

În figura 4 este reprezentată variația cheltuielilor suplimentare pentru descărcarea cărbunelui ΔB ca urmare a abaterii puterii calorice a cărbunelui, ΔQ_i.

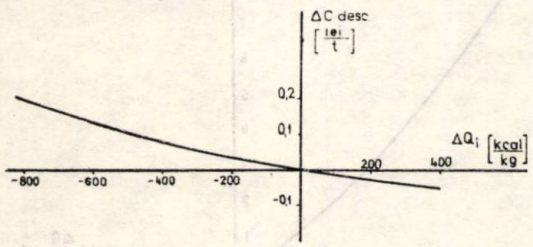


Fig. 4

3. *Cheltuieli suplimentare pentru transportul intern și concasarea cărbunelui*

Pentru transportul și concasarea cantității de cărbune ΔB apar cheltuieli suplimentare legate de energia electrică consumată sau economisită:

Consumul de energie electrică pentru transportul și concasarea cărbunelui este de 1,17 kWh/t, cu care se calculează energia electrică consumată:

$$\Delta E_{tr.conc.} = \Delta B[t/t] \times 1{,}17\ \text{kWh/t}$$

Variația consumului suplimentar de energie electrică, $\Delta E_{tr.conc.}$, funcție de abaterile puterii calorice a cărbunelui, ΔQ_i, este reprezentată în figura 5.

Cheltuielile suplimentare pentru energia electrică se calculează cu costul realizat, de 0,37 lei/kWh.

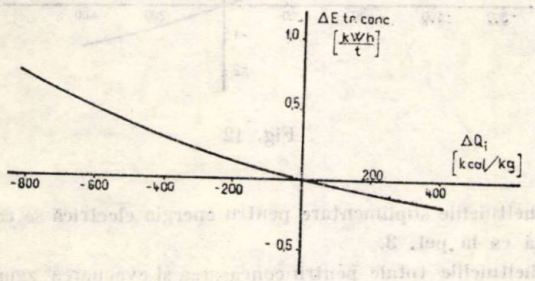


Fig. 5

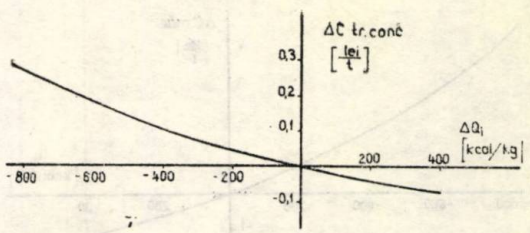


Fig. 6

În figura 6 este redată variația cheltuielilor suplimentare pentru transportul intern și concasarea cărbunelui ΔB ca urmare a abaterii puterii calorice ΔQ_i.

4. *Cheltuieli suplimentare pentru măcinarea cărbunelui*

Pentru măcinarea cărbunelui suplimentar ΔB apar cheltuieli în plus pentru energia electrică consumată și repararea morilor.

Consumul specific mediu de măcinare măsurat este de 12 kWh/t cărbune, valoare cu care se calculează energia electrică consumată suplimentar pentru măcinare.

În figura 7 este reprezentată variația consumului propriu de energie electrică pentru măcinare, $\Delta E_{măc.}$, ca urmare a variației puterii calorice a cărbunelui, ΔQ_i.

Cheltuielile suplimentare datorate energiei electrice se calculează ca la pct. 3.

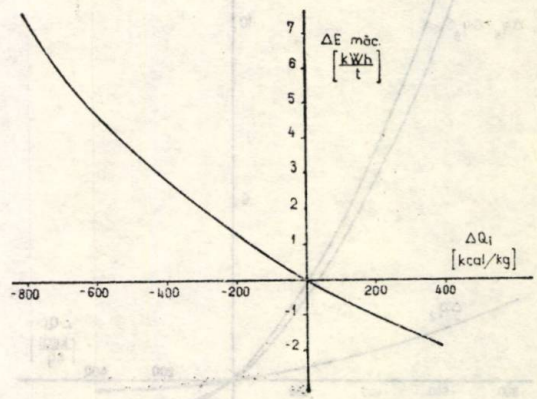


Fig. 7

Cheltuielile suplimentare pentru repararea morilor se calculează avînd în vedere:

— durata de funcționare între două reparații = 800 ore
— cheltuielile ocazionate de o reparație = 60 000 lei

Cheltuielile totale pentru măcinarea cărbunelui suplimentar $\Delta C_{măc.} = \Delta C_{en.\ măc.} + \Delta C_{rep.\ mori}$.

Variația $\Delta C_{măc.}$ funcție de ΔQ_i este redată în figura 8.

5. *Cheltuieli suplimentare ca urmare a variației randamentului cazanelor*

Scăderea puterii calorice a cărbunelui are ca efect creșterea pierderilor prin: nearse mecanice (q_4), căldura sensibilă a zgurii (q_6) și creșterea temperaturii gazelor la coș (q_2).

Valoarea pierderilor se calculează utilizînd diagramele de corecții date de furnizorul cazanului.

Pentru diferite puteri calorice se citesc abaterile pierderilor cazanului prin nearse mecanice și căldura sensibilă a zgurii, $\Delta q_4 + \Delta q_6$.

Scăderea puterii calorice a cărbunelui conduce și la creșterea temperaturii gazelor de ardere după preîncălzitorul de aer. Pentru diferite puteri calorice rezultă abateri ale temperaturii gazelor de ardere

Aplicînd această creștere la parametrii nominali ai cazanului, rezultă abaterile pierderilor la coș, Δq_2.

Abaterea totală a pierderilor cazanului este:

$$\Delta q = \Delta q_4 + \Delta q_6 + \Delta q_2$$

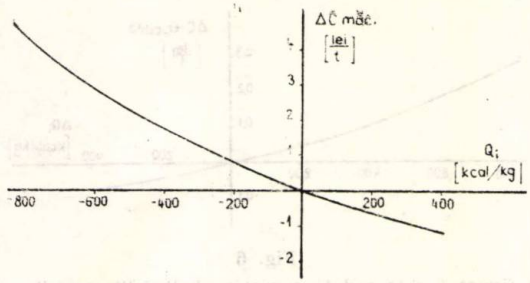


Fig. 8

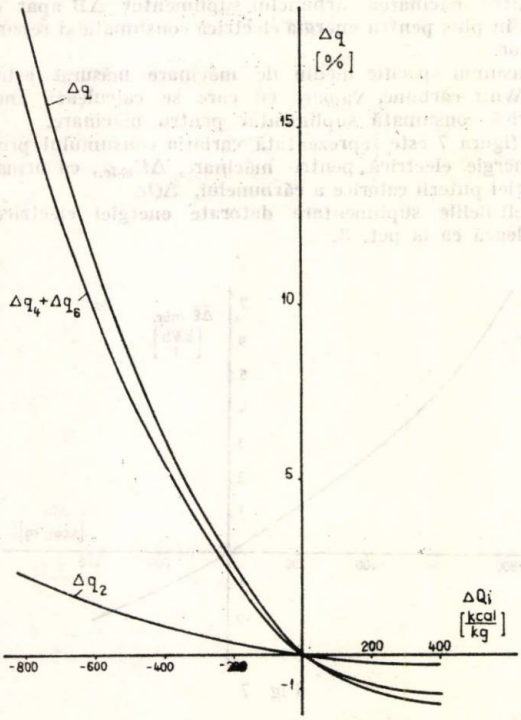


Fig. 9

Variația pierderilor cazanului Δq, pentru diferite abateri ale puterii calorice ΔQ_i, este redată în figura 9.

Cheltuielile suplimentare datorate scăderii randamentului cazanului, ca urmare a abaterii puterii calorice a cărbunelui livrat, se calculează avînd în vedere prețul cărbunelui.

Variația $\Delta C_{rand.}$ funcție de ΔQ_i este redată în figura 10.

6. *Cheltuieli suplimentare pentru concasarea și evacuarea hidraulică a zgurii și cenușii*

Avînd în vedere că modificarea puterii calorice a lignitului consumat este provocată în special de variația conținutului de cenușă în cărbune, rezultă că trebuie transportată și depozitată o cantitate mai mare de zgură și cenușă.

Cheltuieli suplimentare apar datorită energiei electrice consumate și reparării pompelor de spălare, pompelor Bagger, pompelor pentru repompare și concasorului de zgură.

Variația $\Delta E_{evac.}$ funcție de ΔQ_i este reprezentată în figura 11.

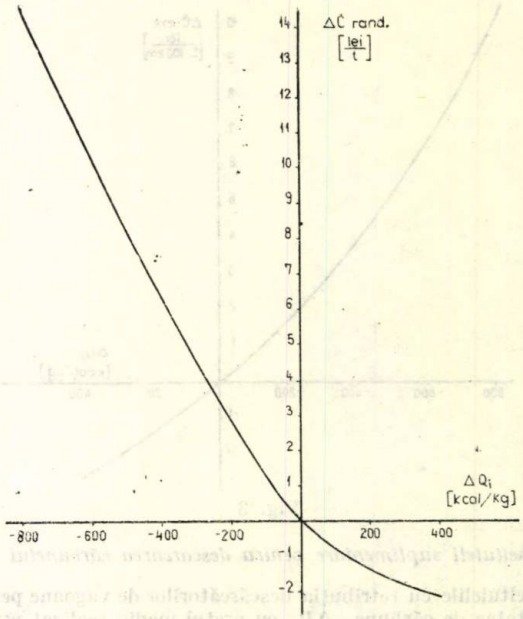


Fig. 10

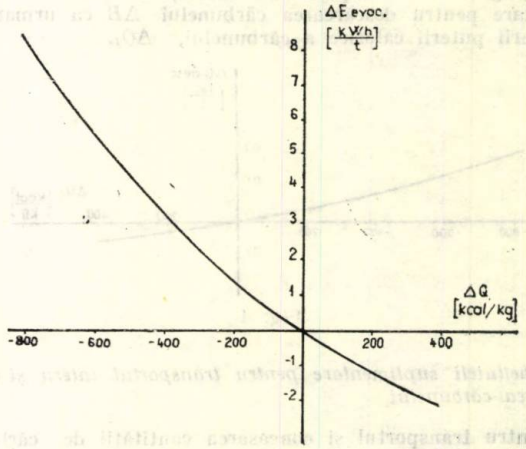


Fig. 11

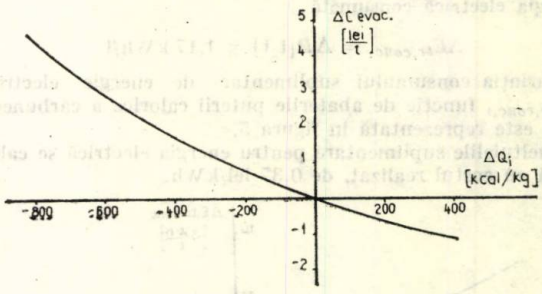


Fig. 12

Cheltuielile suplimentare pentru energia electrică se calculează ca la pct. 3.

Cheltuielile totale pentru concasarea și evacuarea zgurii și cenușii suplimentare se prezintă în figura 12.

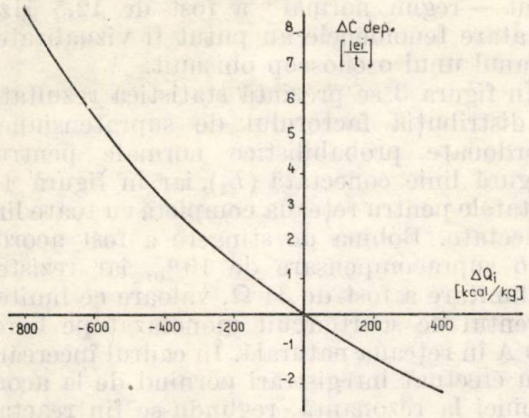


Fig. 13

7. Cheltuieli suplimentare pentru depozitarea zgurii și cenușii

Investiția specifică în depozitul de zgură și cenușă este de 14 lei/t cenușă. Avînd în vedere cele arătate la pct. 6 și faptul că se evacuează o cantitate mai mare de zgură și cenușă, cresc cheltuielile legate de depozitare.

Variația $\Delta C_{dep.}$ funcție de ΔQ_i este redată în figura 13.

Cheltuielile suplimentare totale datorită variației puterii calorice a cărbunelui se calculează făcînd suma rezultatelor parțiale de la pct. 1—7. Astfel :

$$\Delta E = \Delta E_{tr.\,conc.} + \Delta E_{măc.} + \Delta E_{evac.}$$

$$\Delta C = \Delta C_{CFR} + \Delta C_{desc.} + \Delta C_{tr.\,conc.} + \Delta C_{măc.} + \Delta C_{rand.} + \Delta E_{evac.} + \Delta C_{dep.}$$

(Articol intrat în redacție la 27 octombrie 1981)

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

Factorul de supratensiune la scurtcircuit monofazat în rețelele de distribuție cu neutrul tratat prin rezistor de limitare

Dr. ing. **M. Nemeș**, ing. **D. Văcaru**, ing. **Șt. Arenstein***)

Tratarea neutrului rețelelor electrice de medie tensiune prin rezistor de limitare s-a impus datorită incapacității bobinelor de stingere de a asigura un serviciu eficace. Colaborarea între Catedra de electroenergetică a Facultății de electrotehnică Timișoara și I.R.E. Timișoara a condus la implementarea primului rezistor de limitare în anul 1977 în stația 110/10 kV Victoria-Timișoara. Avantajele nete față de situația tratării prin bobină de stingere au făcut ca în prezent toate stațiile de distribuție din Timișoara și stația 110/6 kV I.V.A.-Arad să funcționeze cu neutrul tratat cu un singur rezistor de limitare pe stație.

Un avantaj esențial al rezistorului constă în reducerea substanțială a supratensiunilor tranzitorii la scurtcircuit monofazat (punere la pămînt în cazul neutrului izolat sau tratat prin bobină de stingere). Supratensiunile de durată sînt practic de același nivel pentru neutrul izolat, tratat prin bobină de stingere sau rezistor de limitare, și mult mai reduse decît cele tranzitorii; ca atare, interesul pentru supratensiunile tranzitorii este primordial. Cercetările efectuate cu ajutorul analizorului tranzitoriu de rețea (ATR) [1] pentru rețele cu linii subterane au fost publicate [2]. Cu ocazia tratării neutrului prin rezistor în stația 110/20 kV Pădurea Verde-Timișoara cu rețea mixtă (în mare majoritate linii aeriene) s-a pus problema analizei detaliate pe model a supratensiunilor tranzitorii pentru o punere la pămînt sau scurtcircuit monofazat în diferite situații ale neutrului. Analiza a avut drept scop optimizarea alegerii valorii rezistenței de limitare.

*) Dr. ing. Mircea Nemeș este șef de lucrări la Catedra de electroenergetică a Facultății de electrotehnică Timișoara; ing. Dan Văcaru și ing. Ștefan Arenstein sînt absolvenți ai aceleiași facultăți, promoția 1980.

1. Parametrii elementelor rețelei analizate. Detalii de modelare

Stația 110/20 kV analizată dispune de două transformatoare, sistem simplu de bare secționat longitudinal la medie tensiune, două transformatoare de servicii proprii și crearea neutrului artificial.

Impedanța de secvență homopolară a TSP, valoare măsurată, este :

$$Z_{0TSP} = 10 + j\,31\Omega$$

Liniile s-au considerat cu conductor Ol—Al 50/8. Parametrii pe unitate de lungime calculați sînt :

$$\underline{Z}_1 = 0{,}61 + j\,0{,}371\ \Omega\text{km}^{-1};$$

$$\underline{Z}_0 = 0{,}76 + j\,2{,}15\ \Omega\text{km}^{-1};$$

$$C_1 = 9{,}93 \cdot 10^{-9}\ \text{F.km}^{-1};$$

$$C_0 = 4{,}35 \cdot 10^{-9}\ \text{F.km}^{-1}.$$

Indicele „1" se referă la componenta de secvență directă, iar indicele „0" la cea homopolară.

Pentru modelare, scara impedanțelor și a admitanțelor s-a considerat egală cu unitatea. Transformatoarele au fost realizate cu conexiunile Y_0d-11, respectiv Z_0y_0-5 pentru TSP. S-au utilizat transformatoare speciale de laborator. Liniile s-au reprezentat prin secțiuni octopolare cu lungimea de 50 km (fig. 1). Pentru experiment s-au acceptat două linii de 50 km, două de 100 km și o linie de 150 km lungime.

Reprezentarea prin secţiuni octopolare de 50 km lungime pare la prima vedere grosieră. Trebuie arătat că este absolut satisfăcătoare.

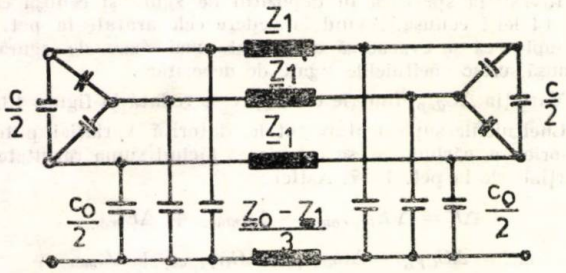


Fig. 1. Secţiunea octopolară a liniei.

Analizorul tranzitoriu de reţea permite realizarea unor secţiuni octopolare cu lungimea de 12,5 km şi în prealabil s-a făcut o verificare a influenţei lungimii secţiunii elementare prin compararea fenomenului tranzitoriu la o linie de 50, respectiv 100 km, modelată iniţial prin 4, respectiv 8 secţiuni elementare de 12,5 km, iar apoi prin una, respectiv două secţiuni de 50 km lungime. Diferenţele nesemnificative în privinţa supratensiunilor înregistrate la o punere la pămînt, respectiv scurtcircuit monofazat pentru cele două situaţii, au dictat opţiunea pentru o modelare cu un număr mai redus de secţiuni elementare de linie.

2. Rezultate experimentale

Schema utilizată pentru analiză este prezentată în figura 2. Investigaţiile au avut ca obiect numai reţelele radiale.

Punerea la pămînt, respectiv scurtcircuitul monofazat s-a realizat printr-un contact al comutatorului sincron al ATR. Programul încercărilor a urmărit prelevarea unei cantităţi cît mai mari de informaţii. Ca atare s-au realizat avarii monofazate în toate nodurile reţelei pentru diferite valori instantanee ale tensiunii în momentul avariei. S-a modificat sarcina liniilor, atît ca valoare, cît şi ca factor de putere. În toate cazurile s-au considerat patru situaţii caracteristice ale neutrului: legat la pămînt, izolat, tratat cu bobină de stingere cu diferite grade de acord, tratat prin rezistor de limitare cu valoarea rezistenţei variabilă. Pentru fiecare tip de experiment s-a măsurat factorul de supratensiune (*FS*) în toate nodurile reţelei, pentru fiecare fază. Factorul de supratensiune reprezintă raportul între valoarea maximă a supratensiunii şi valoarea maximă a tensiunii de serviciu în nodul respectiv.

$$FS = \frac{u_{s\,max}}{\sqrt{2}\,U_f}$$

Înregistrarea supratensiunilor s-a făcut cu ajutorul unui osciloscop. Frecvenţa ciclului „regim normal — scurtcircuit sau punere la pămînt — regim normal" a fost de 12,5 Hz şi ca atare fenomenele au putut fi vizualizate pe ecranul unui osciloscop obişnuit.

În figura 3 se prezintă statistica rezultatelor şi distribuţia factorului de supratensiune în coordonate probabilistice normale pentru o singură linie conectată (L_1), iar în figura 4 rezultatele pentru reţeaua completă cu toate liniile conectate. Bobina de stingere a fost acordată la o supracompensare de 10%, iar rezistenţa de limitare a fost de 34 Ω, valoare ce limitează curentul de scurtcircuit monofazat pe bare la 300 A în reţeaua naturală. În cadrul încercărilor s-au efectuat înregistrări pornind de la acordul bobinei la rezonanţă, reglîndu-se fin reactanţa bobinei de stingere în sensul supracompensării şi, respectiv, subcompensării. S-a constatat că, în limitele de ± 20% din valoarea reactanţei bobinei acordată la rezonanţă, nu se modifică forma şi valoarea maximă a supratensiunii. Ca atare, s-a convenit ca poziţia de referinţă pentru încercări cu bobina de stingere să fie o supracompensare de 10%.

Numărul datelor care au stat la baza sintezelor prezentate în figurile 3 şi 4 a depăşit cifra de 4000. Cu toate acestea, autorii nu le consideră exhaustive, ci doar satisfăcătoare pentru o analiză pertinentă.

Observaţiile esenţiale comparative între cele patru situaţii ale neutrului faţă de pămînt se pot sintetiza astfel:

1. Nivelul cel mai redus al factorului de supratensiune se obţine pentru tratarea cu rezistor de limitare. Cele mai mari valori sînt caracteristice neutrului tratat prin bobină de stingere (*BS*). Din figurile 3 *b* şi 4 *b* se observă că prezenţa mai multor linii nu modifică sensibil valorile maxime ale *FS*. Nivelul *FS* pentru *BS* se reduce puţin, iar cel pentru neutrul izolat creşte în aceeaşi măsură. Valorile maxime rămîn caracteristice tratării prin *BS*.

2. Factorul de supratensiune nu depăşeşte valoarea 2 pentru rezistor, în timp ce în circa 2% din cazuri pentru neutrul legat, 10% din cazuri pentru *BS* şi 30% din cazuri pentru neutrul izolat, *FS* depăşeşte valoarea 2 (fig. 4 *b*). De remarcat faptul că în 50% din situaţii *FS* depăşeşte valoarea 1,7 pentru *BS*, în timp ce pentru rezistor valoarea de 1,7 este depăşită doar în 7% din situaţii.

Explicaţia valorilor reduse ale *FS* pentru tratarea prin rezistor o oferă caracterul puternic diseminativ al rezistorului în cadrul circuitului format prin legătura de scurtcircuit. Neutrul izolat sau bobina de stingere nu oferă o astfel de posibilitate în cazul punerii la pămînt.

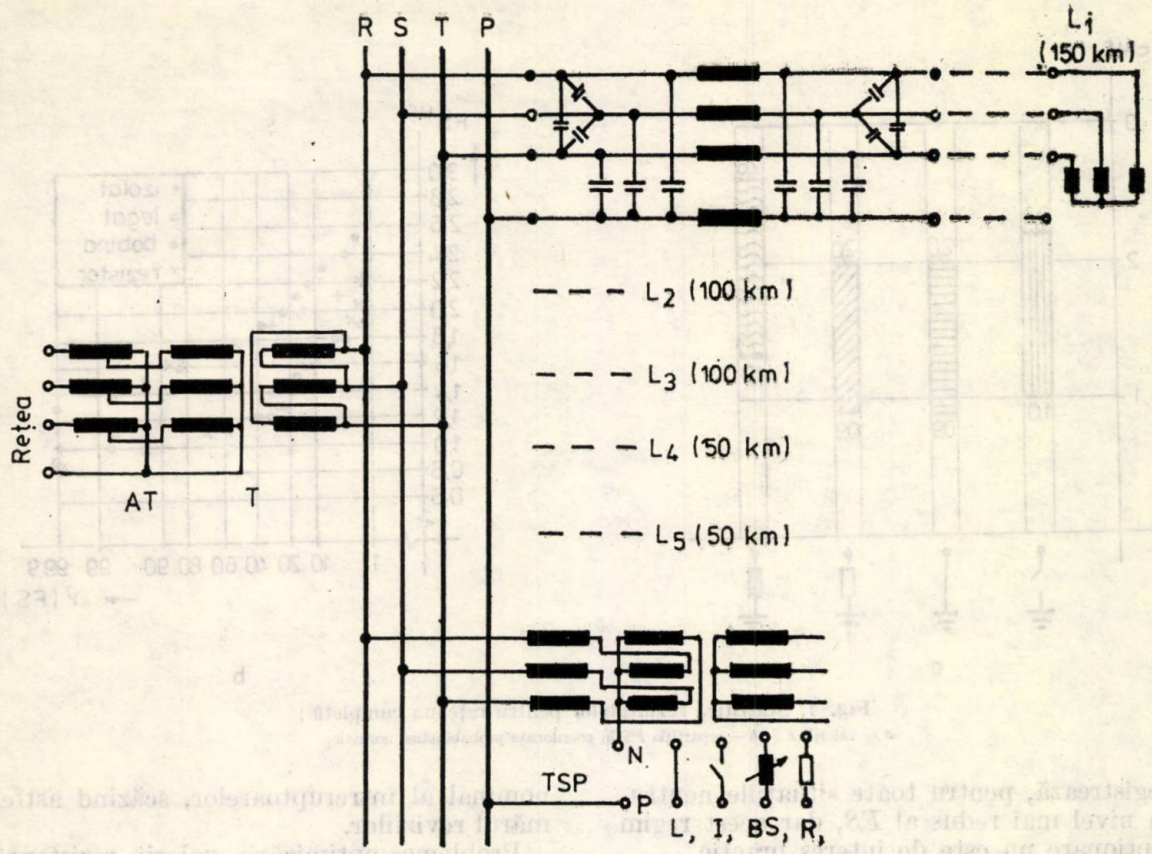
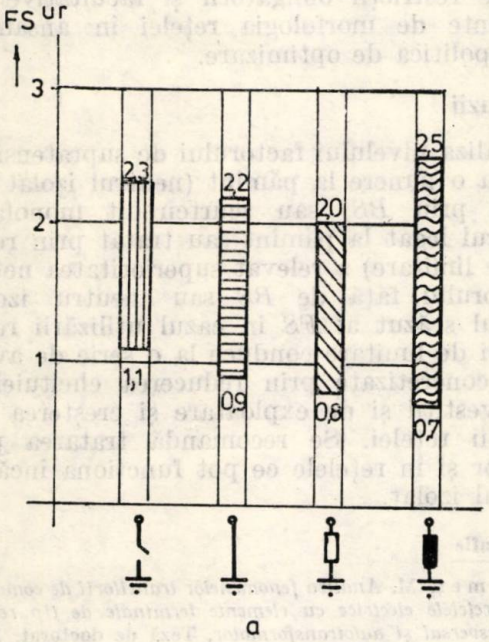


Fig. 2. Schema utilizată pentru investigație.



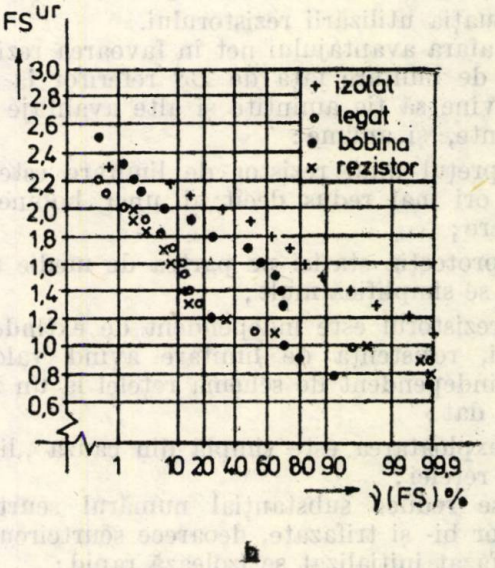


Fig. 3. Statistica rezultatelor pentru o singură linie (L_1):
a — valorile *FS*; *b* — repartiția *FS* în coordonate probabilistice normale; *FS* — factor de supratensiune; u.r. — unități relative.

3. În general, cu cît locul scurtcircuitului monofazat, respectiv al punerii la pămînt este mai apropiat de bare, cu atît *FS* este mai mare și totdeauna cel măsurat la sfîrșitul liniilor.

4. Valoarea sarcinii și factorul de putere al acesteia influențează nesemnificativ mărimea factorului de supratensiune și repartiția acestuia. Pentru liniile în regim de mers în gol

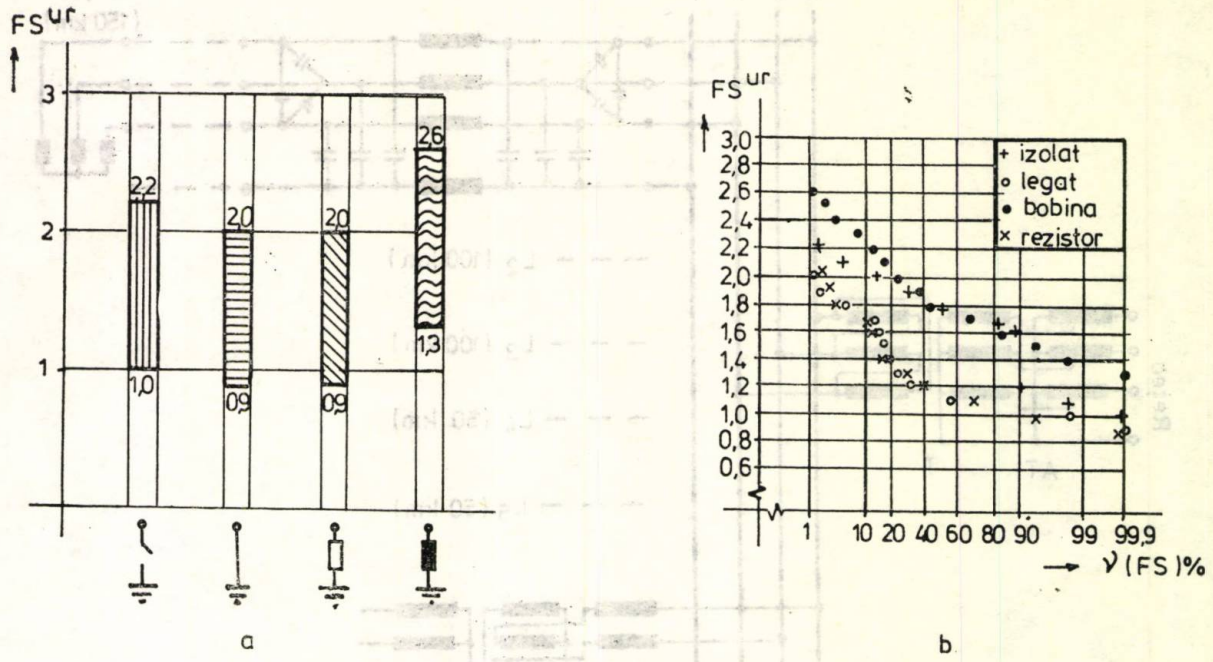


Fig. 4. Statistica rezultatelor pentru reţeaua completă :
a — valorile *FS*; *b* — repartiţia *FS* în coordonate probabilistice normale.

se înregistrează, pentru toate situaţiile neutrului, un nivel mai redus al *FS*, dar acest regim de funcţionare nu este de interes practic.

Din analiza de mai sus rezultă concluzia că tratarea neutrului prin rezistor de limitare este obligatorie şi pentru reţelele care pot funcţiona cu neutrul izolat. De asemenea, se explică şi absenţa practică a dublelor puneri la pământ în situaţia utilizării rezistorului.

În afara avantajului net în favoarea rezistorului de limitare faţă de *BS* referitor la *FS*, se cuvine să fie amintite şi alte avantaje importante, şi anume :

— preţul unui rezistor de limitare este de 5—6 ori mai redus decît al unei bobine de stingere ;

— protecţia staţiei pe partea de medie tensiune se simplifică mult ;

— rezistorul este independent de extinderea reţelei, rezistenţa de limitare avînd valoare fixă, independent de schema reţelei la un moment dat ;

— exploatarea este simplă din cauza „liniştirii" reţelei ;

— se reduce substanţial numărul scurtcircuitelor bi- şi trifazate, deoarece scurtcircuitul monofazat iniţializat se izolează rapid ;

— cheltuielile de exploatare scad foarte mult, deoarece avariile nu se extind şi la alte elemente ale reţelei, ca în cazul *BS*. Curentul maxim de scurtcircuit monofazat poate fi limitat la o valoare mai redusă decît curentul nominal al întreruptoarelor, scăzînd astfel numărul reviziilor.

Problema optimizării valorii rezistenţei de limitare va fi prezentată într-o lucrare viitoare, avînd în vedere complexitatea domeniilor de restricţii obligatorii şi facultative dependente de morfologia reţelei în ansamblu şi de politica de optimizare.

Concluzii

Analiza nivelului factorului de supratensiune pentru o punere la pământ (neutrul izolat sau tratat prin *BS*) sau scurtcircuit monofazat (neutrul legat la pământ sau tratat prin rezistor de limitare) a relevat superioritatea netă a rezistorului faţă de *BS* sau neutru izolat. Nivelul scăzut al *FS* în cazul utilizării rezistorului de limitare conduce la o serie de avantaje, concretizate prin reducerea cheltuielilor de investiţii şi de exploatare şi creşterea fiabilităţii reţelei. Se recomandă tratarea prin rezistor şi în reţelele ce pot funcţiona încă cu neutrul izolat.

Bibliografie

[1] Nemeş, M. *Analiza fenomenelor tranzitorii de comutaţie în reţelele electrice cu elemente terminale de tip reactor transversal şi autotransformator*. Teză de doctorat, I. P. „Traian Vuia"-Timişoara, 1975.

[2] Nemeş, M., Ivaşcu, C., Velicescu, C. şi Topîrceanu, I. *Aplicarea soluţiei tratării neutrului prin rezistor de limitare în staţia de 110/10 kV Victoria — Timişoara*. În : Buletinul ştiinţific şi tehnic al I. P. „Traian Vuia"-Timişoara, 23 (37), fasc. 2, 1978.

(Articol intrat în redacţie la la 12 iunie 1981)

Impedanţele cablurilor cu izolaţie de polietilenă termoplastică tip A2YSY—12/20 kV

Ing. Al. Tănăsescu şi ing. H. Măriеş*)

Calculul curenţilor de scurtcircuit, calculul supratensiunilor pe fazele sănătoase în cazul scurtcircuitelor, calculul căderilor de tensiune, al pierderilor de putere în reţele electrice trifazate subterane se poate efectua numai dacă se cunosc parametrii reţelei, deci implicit impedanţele de secvenţă ale cablurilor [1], [11],

Desigur, rezultatele cele mai exacte privind impedanţele cablurilor se pot obţine prin măsurători directe în reţea, dar acest lucru nu este totdeauna posibil [2]. Din acest motiv, în literatura de specialitate [3], [4], [5], [6], [7] sînt prezentate metode de calcul şi tabele sau diagrame referitoare la impedanţele anumitor tipuri de cabluri, aceste date fiind necesare proiectanţilor de reţele sau elaboratorilor de studii energetice.

Introducerea în fabricaţie şi utilizarea pe scară tot mai largă, în ţara noastră, a cablurilor cu izolaţie de polietilenă termoplastică tip A2YSY—12/20 kV justifică preocupările privind determinarea pe cale analitică a impedanţelor la aceste cabluri.

În cele ce urmează se prezintă metoda şi formulele de calcul utilizate, precum şi rezultatele obţinute cu ajutorul unui program de calcul specific, rulat pe un calculator FELIX-C 512.

*) Ing. Alexandru Tănăsescu şi ing. Horia Măriеş lucrează în Centrala industrială de reţele electrice, Secţia cercetare-proiectare.

1. Metode de calcul

În circuitul de bază, alcătuit din trei cabluri monopolare în montaj trifazat (fig. 1), intervin următoarele impedanţe specifice: impedanţele proprii ale conductoarelor active, impedanţele proprii ale ecranelor, impedanţele mutuale între conductoarele active, impedanţele mutuale între ecrane, impedanţele mutuale între conductoarele active şi ecrane. Se menţionează faptul că toate aceste impedanţe sînt impedanţe în prezenţa pămîntului.

În cazul în care circuitul trifazat este simetric (sau simetrizat), între aceste impedanţe intervin următoarele egalităţi:

$$\begin{aligned}
&\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C \equiv \underline{Z}_C \\
&\underline{Z}_{EA} = \underline{Z}_{EB} = \underline{Z}_{EC} \equiv \underline{Z}_E \\
&\underline{Z}_{A,EA} = \underline{Z}_{B,EB} = \underline{Z}_{C,EC} \equiv \underline{Z}_{CE} \\
&\underline{Z}_{A,B} = \underline{Z}_{B,C} = \underline{Z}_{C,A} = \underline{Z}_{A,EB} = \underline{Z}_{A,EC} = \\
&\underline{Z}_{B,EA} = \underline{Z}_{B,EC} = \underline{Z}_{C,EA} = \underline{Z}_{C,EB} = \\
&\quad = \underline{Z}_{EA,EB} = \underline{Z}_{EB,EC} = \underline{Z}_{EC,EA} \equiv \underline{Z}_{CC}
\end{aligned} \tag{1}$$

În (1) s-au introdus notaţiile:

$\underline{Z}_C$ — impedanţa proprie a conductorului activ;

$\underline{Z}_E$ — impedanţa proprie a ecranului;

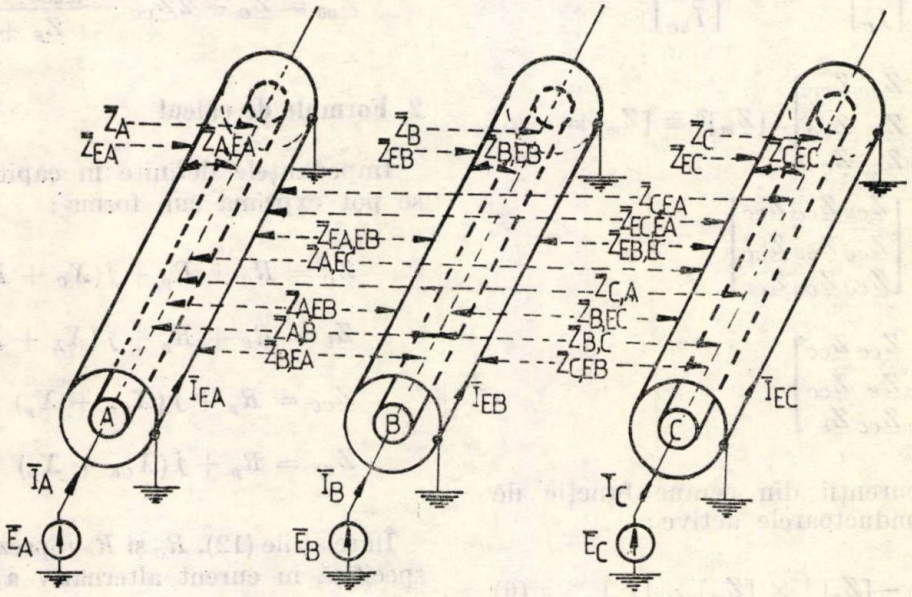


Fig. 1

$\underline{Z}_{CE}$ — impedanţa mutuală între conductorul activ şi ecranul aceleiaşi faze;

$\underline{Z}_{CC}$ — impedanţa mutuală între două conductoare active (sau între două ecrane, sau între conductorul activ al unei faze şi ecranul celeilalte faze).

Notînd cu $\underline{U}_A$, $\underline{U}_B$, $\underline{U}_C$ căderile de tensiune pe conductoarele active; $\underline{I}_A$, $\underline{I}_B$, $\underline{I}_C$ curenţii prin conductoarele active şi $\underline{I}_{EA}$, $\underline{I}_{EB}$, $\underline{I}_{EC}$ curenţii prin ecrane, se pot scrie pentru conductoarele active trei relaţii de forma:

$$\underline{U}_A = \underline{Z}_C \underline{I}_A + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_B + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_C + \underline{Z}_{CE}\underline{I}_{EA} + \\ + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EB} + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EC} \tag{2}$$

iar pentru ecranele cablurilor, alte trei relaţii de forma:

$$0 = \underline{Z}_{CE}\underline{I}_A + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_B + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_C + \underline{Z}_E\underline{I}_{EA} + \\ + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EB} + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EC} \tag{3}$$

Cele şase ecuaţii rezultate din (2) şi (3) se pot scrie matricial:

$$[\underline{U}_c] = [\underline{Z}_c] \times [\underline{I}_c] + [\underline{Z}_m]^T \times [\underline{I}_e] \\ [0] = [\underline{Z}_m] \times [\underline{I}_c] + [\underline{Z}_e] \times [\underline{I}_e] \tag{4}$$

unde:

$$[\underline{U}_c] = \begin{bmatrix} \underline{U}_A \\ \underline{U}_B \\ \underline{U}_C \end{bmatrix}, \quad [0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$[\underline{I}_c] = \begin{bmatrix} \underline{I}_A \\ \underline{I}_B \\ \underline{I}_C \end{bmatrix}, \quad [\underline{I}_e] = \begin{bmatrix} \underline{I}_{EA} \\ \underline{I}_{EB} \\ \underline{I}_{EC} \end{bmatrix}$$

$$[\underline{Z}_c] = \begin{bmatrix} \underline{Z}_C & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_C & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_C \end{bmatrix}, \quad [\underline{Z}_m]^T \equiv [\underline{Z}_m] = \tag{5}$$

$$= \begin{bmatrix} \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} \end{bmatrix}$$

$$[\underline{Z}_e] = \begin{bmatrix} \underline{Z}_E & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_E & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_E \end{bmatrix}$$

Exprimînd curenţii din ecrane funcţie de curenţii din conductoarele active:

$$[\underline{I}_e] = -[\underline{Z}_e]^{-1} \times [\underline{Z}_m] \times [\underline{I}_c] \tag{6}$$

şi introducînd (6) în prima relaţie din (4), rezultă:

$$[\underline{U}_c] = ([\underline{Z}_c] - [\underline{Z}_m]^T \times [\underline{Z}_e]^{-1} \times [\underline{Z}_m]) \times \\ \times [\underline{I}_c] \equiv [\underline{Z}_{ce}] \times [\underline{I}_c] \tag{7}$$

Impedanţele de diferite secvenţe se obţin utilizînd matricea combinată $[\underline{Z}_{ce}]$, cu ajutorul formulei:

$$[\underline{Z}_s] = [T] \times [\underline{Z}_{ce}] \times [C] \tag{8}$$

unde:

$$[\underline{Z}_S] = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} & \underline{Z}_{10} \\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} & \underline{Z}_{20} \\ \underline{Z}_{01} & \underline{Z}_{02} & \underline{Z}_{00} \end{bmatrix}; \quad [C] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix}; \tag{9}$$

$$[T] = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

În cazul în care circuitul de bază este simetric (sau simetrizat), impedanţele mutuale între diferitele secvenţe rezultă nule; deci:

$$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{10} = \underline{Z}_{21} = \underline{Z}_{20} = \underline{Z}_{01} = \underline{Z}_{02} \equiv 0 \tag{10}$$

Efectuînd calculele în (8), se obţin expresiile pentru impedanţele de secvenţă directă, inversă şi homopolară:

$$\underline{Z}_{11} \equiv \underline{Z}_{22} = \underline{Z}_C - \underline{Z}_{CC} - \frac{(\underline{Z}_{CE} - \underline{Z}_{CC})^2}{\underline{Z}_E - \underline{Z}_{CC}} \\ \underline{Z}_{00} = \underline{Z}_C + 2\underline{Z}_{CC} - \frac{(\underline{Z}_{CE} + 2\underline{Z}_{CC})^2}{\underline{Z}_E + 2\underline{Z}_{CC}} \tag{11}$$

2. Formule de calcul

Impedanţele definite în capitolul precedent se pot exprima sub forma:

$$\underline{Z}_C = R_C + R_p + j(X_C + X_p) \\ \underline{Z}_E = R_E + R_p + j(X_E + X_p) \\ \underline{Z}_{CC} = R_p + j(X_{CC} + X_p) \\ \underline{Z}_{CE} = R_p + j(X_{CE} + X_p) \tag{12}$$

În relaţiile (12), R_C şi R_E reprezintă rezistenţa specifică în curent alternativ a conductorului activ, respectiv a ecranului şi rezultă din datele de catalog ale furnizorului.

Se remarcă faptul că fiecare din expresiile (12) este afectată de prezenţa pămîntului prin termenul de natura unei impedanţe:

$$\underline{Z}_p = R_p + jX_p \tag{13}$$

Acest termen este funcție de frecvența rețelei f, de rezistivitatea solului ρ [5], [6], [7], și se calculează cu formulele:

$$R_p = 0{,}9868 \cdot f \cdot 10^{-3} \ [\Omega/\text{km}] \qquad (14)$$

$$X_p = (2{,}89347 \cdot f \cdot \log_{.10} \sqrt{\rho/f} + 9{,}6489 \cdot f) \cdot 10^{-3} \ [\Omega/\text{km}]$$

Reactanțele X_C, X_E, X_{CE} sînt dependente de constantele geometrice r_{mC}, r_{mE}, D_{CE}, iar reactanța X_{CC} este dependentă de distanțele de pozare.

Ele se calculează cu formule de tipul:

$$X_* = A \cdot \frac{f}{50} \cdot \log_{.10} \frac{B}{r_{m*\,(\text{sau } D*)}} \ [\Omega/\text{km}] \qquad (15)$$

cu $A = 0{,}14467$ și $D = 0{,}3048$ pentru distanțe exprimate în metri.

De exemplu:

$$X_C = 0{,}14467 \log_{.10} \frac{0{,}3048}{r_{mC}} \ [\Omega/\text{km}] \qquad (15')$$

pentru $f = 50$ Hz.

Raza medie geometrică a conductoarelor active (r_{mC}) este funcție de tipul conductorului activ.

Astfel, pentru conductoare masive se aplică formula:

$$r_{mC} = 0{,}7788 \cdot r, \qquad (16)$$

unde r este raza conductorului activ, iar pentru conductoare multifilare se aplică formula:

$$r_{mC} = C \cdot r, \qquad (17)$$

în care C este funcție de numărul de fire ce alcătuiesc conductorul activ (de exemplu:

$C = 0{,}726$ pentru 7 fire; 0,758 pentru 19 fire; 0,768 pentru 37 fire; 0,772 pentru 61 fire etc.).

Raza medie geometrică a ecranului (r_{mE}) se consideră egală cu raza ecranului dacă acesta este constituit din benzi subțiri, sau se calculează cu formula (18) dacă ecranul este constituit din sîrme [7]:

$$r_{mE} = \sqrt[n]{n \cdot r_q^{n-1} \cdot r_{mf}} \qquad (18)$$

unde

- n este numărul de fire ce alcătuiesc ecranul;
- r_q — raza cercului ce unește centrele firelor;
- r_{mf} — raza medie geometrică a unui fir și rezultă din (16).

Distanța medie geometrică între conductorul activ și ecran (D_{CE}) este egală cu raza ecranului dacă ecranul este constituit din benzi subțiri sau egală cu raza cercului ce unește centrele firelor dacă ecranul este constituit din sîrme [7].

Distanța medie geometrică între conductoarele active (D_{CC}) este egală cu distanța între axele conductoarelor dacă circuitul este simetric (pozare în treflă), sau se calculează cu formula clasică de simetrizare (19) dacă circuitul este nesimetric.

$$D_{CC} = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{CA}} \qquad (19)$$

Deci, după cum rezultă din cele expuse mai sus, impedanțele cablurilor monopolare în montaj trifazat se calculează cu:

$$\underline{Z}_1 \equiv \underline{Z}_2 = R_C + j(X_C - X_{CC}) + \frac{(X_{CE} - X_{CC})^2}{R_E + j(X_E - X_{CC})} \qquad (20)$$

$$\underline{Z}_0 = R_C + 3R_p + j(X_C + 2X_{CC} + 3X_p) - \frac{[3R_p + j(X_{CE} + 2X_{CC} + 3X_p)]^2}{R_E + 3R_p + j(X_E + 2X_{CC} + 3X_p)} \qquad (21)$$

După anumite transformări, din (20) și (21) rezultă:

$$\underline{Z}_1 \equiv \underline{Z}_2 = R_C + j(X_C - X_{CE}) + \frac{j(X_{CE} - X_{CC})[R_E + j(X_E - X_{CC})]}{R_E + j(X_E - X_{CC})} \qquad (22)$$

și

$$\underline{Z}_0 = R_C + j(X_C - X_{CE}) + \frac{[3R_p + j(X_{CE} + 2X_{CC} + 3X_p)] \cdot [R_E + j(X_E - X_{CE})]}{R_E + 3R_p + j(X_E + 2X_{CC} + 3X_p)} \qquad (23)$$

Expresiilor (22) și (23) le corespund schemele echivalente de secvență directă (inversă) și homopolară prezentate în figura 2.

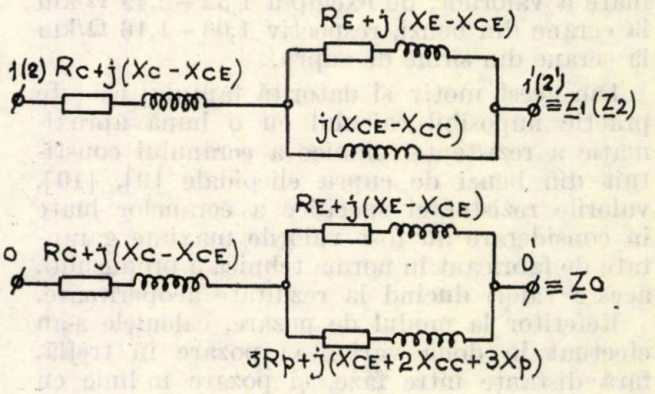


Fig. 2

Din figura 2 se constată că schemele echivalente pentru impedanţele de secvenţă ale cablurilor sînt constituite din înserierea unei impedanţe cu alte două impedanţe legate în paralel. Deosebirea evidentă între schemele echivalente de secvenţă directă (inversă) şi schema echivalentă de secvenţă homopolară rezidă în faptul că schema echivalentă de secvenţă homopolară conţine o impedanţă care reflectă prezenţa pămîntului materializată prin termenul : $3(R_p + jX_p)$.

3. Rezultate obţinute

După cum rezultă din formulele (12)—(21), impedanţele cablurilor sînt dependente de o serie de factori, şi anume : rezistenţa în curent alternativ a conductorului activ, respectiv a ecranului, constantele geometrice ale cablului, distanţele de pozare, rezistivitatea solului şi frecvenţa reţelei.

Datorită acestui fapt, calculul impedanţelor este destul de laborios şi se impune utilizarea unui program de calcul specific.

Datele de bază pentru calcule au fost preluate din N.T.R. 521E-80, elaborată de I.C.M.E., şi verificate pe mostre de cabluri.

Pentru ca rezultatele obţinute să fie cît mai apropiate de realitate, s-a făcut ipoteza că reţeaua este încărcată la sarcină nominală, deci temperatura conductoarelor active este de circa 60°C, ipoteză recomandată şi în [6].

Referitor la rezistenţa specifică a ecranului (rezistenţa în curent continuu la 20°C), se menţionează faptul că fabricantul garantează valori maxime, şi anume : 3,03 Ω/km, pentru ecranele constituite din benzi de cupru, respectiv 1,16 Ω/km pentru ecranele constituite din sîrme de cupru.

Unii autori [9] afirmă că rezistenţa ecranului constituit din benzi de cupru scade odată cu creşterea curentului, acest efect atribuindu-se trecerii curentului de la o spiră la cealaltă, lucru ce duce la diminuarea rezistenţei aparente a ecranului.

Măsurătorile efectuate pe cabluri fabricate în anul 1981 au relevat o dispersie destul de mare a valorilor, de exemplu 1,52—2,49 Ω/km la ecrane din benzi, respectiv 1,03—1,16 Ω/km la ecrane din sîrme de cupru.

Din acest motiv şi datorită faptului că este practic imposibil calculul cu o bună aproximaţie a rezistenţei ohmice a ecranului constituit din benzi de cupru elicoidale [9], [10], valorile rezistenţei specifice a ecranelor luate în considerare au fost valorile maxime garantate de fabricant în norma tehnică a produsului, aceste valori ducînd la rezultate acoperitoare.

Referitor la modul de pozare, calculele s-au efectuat în două variante : pozare în treflă, fără distanţe între faze, şi pozare în linie cu distanţa între faze de 7 cm.

Rezultatele obţinute sînt prezentate în tabelele 1 şi 2.

Tabelul 1

Caracteristicile electrice ale cablului tip A2YSY—12/20 kV — conductor Al, ecran benzi cupru, rezistivitatea solului 100 Ω·m, f = 50 Hz

Secţiunea (mm²)	Impedanţa directă (inversă) $R_1 = R_2$ (Ω/km)	$X_1 = X_2$ (Ω/km)	$Z_1 = Z_2$ (Ω/km)	Impedanţa homopolară R_0 (Ω/km)	X_0 (Ω/km)	Z_0 (Ω/km)	Observ.
95	0,372	0,125	0,392	1,287	1,449	1,938	m, T
120	0,294	0,119	0,317	1,204	1,441	1,878	m, T
150	0,239	0,115	0,263	1,145	1,435	1,835	m, T
95	0,372	0,128	0,392	1,294	1,456	1,948	M, T
120	0,294	0,125	0,319	1,210	1,449	1,887	M, T
150	0,239	0,120	0,268	1,151	1,443	1,846	M, T
95	0,377	0,208	0,431	1,188	1,383	1,824	m, L
120	0,299	0,201	0,360	1,107	1,376	1,766	m, L
150	0,244	0,195	0,312	1,049	1,371	1,727	m, L
95	0,377	0,214	0,434	1,191	1,389	1,830	M, L
120	0,299	0,208	0,364	1,111	1,383	1,774	M, L
150	0,244	0,202	0,317	1,053	1,377	1,734	M, L

Tabelul 2

Caracteristici electrice cablu tip A2YSY—12/20 kV conductor Al, ecran sîrme cupru, rezistivitatea solului 100 Ω.m, f=50 Hz

Secţiunea (mm²)	Impedanţa directă (inversă) $R_1 = R_2$ (Ω/km)	$X_1 = X_2$ (Ω/km)	$Z_1 = Z_2$ (Ω/km)	Impedanţa homopolară R_0 (Ω/km)	X_0 (Ω/km)	Z_0 (Ω/km)	Observ.
95	0,373	0,126	0,394	1,263	0,622	1,408	*m, T*
120	0,296	0,121	0,319	1,183	0,618	1,335	*m, T*
150	0,241	0,116	0,268	1,126	0,615	1,283	*m, T*
95	0,373	0,130	0,395	1,266	0,624	1,411	*M, T*
120	0,296	0,126	0,322	1,185	0,621	1,338	*M, T*
150	0,241	0,122	0,270	1,129	0,618	1,287	*M, T*
95	0,386	0,207	0,438	1,216	0,635	1,372	*m, L*
120	0,308	0,200	0,367	1,136	0,630	1,300	*m, L*
150	0,253	0,194	0,318	1,080	0,627	1,249	*m, L*
95	0,387	0,213	0,441	1,218	0,638	1,375	*M, L*
120	0,308	0,207	0,371	1,138	0,634	1,303	*M, L*
150	0,253	0,201	0,323	1,082	0,631	1,253	*M, L*

conductor multifilar — *m*, pozare în treflă — *T*
conductor masiv — *M*, pozare în linie — *L*

Pentru a evidenţia modul de variaţie a rezistenţei homopolare funcţie de rezistivitatea solului, s-au trasat curbele reprezentate în figurile 3—6, iar modul de variaţie a reactanţei homopolare funcţie de rezistivitatea solului rezultă din curbele reprezentate în figurile 7—10.

Aceste curbe au fost construite numai pentru variantele cu conductoare active multifilare datorită faptului că, după cum rezultă şi din tabelele 1, 2, valorile calculate pentru variantele cu conductoare active masive nu diferă decît cu cel mult 2—3 %.

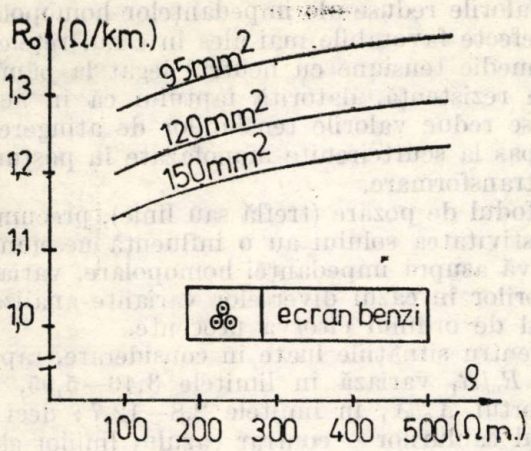


Fig. 3

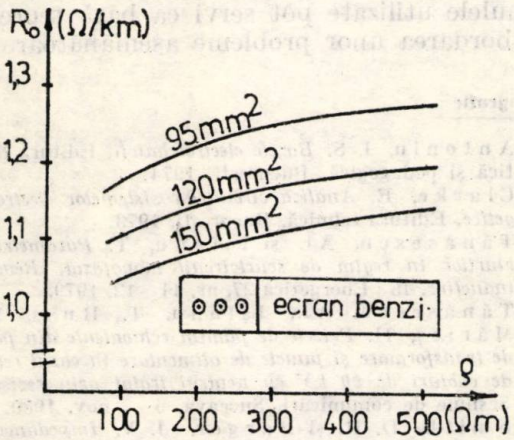


Fig. 4

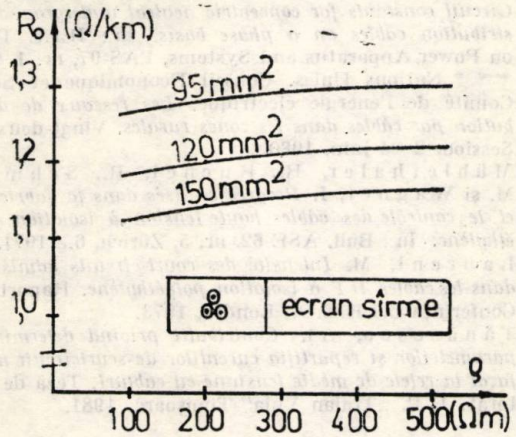


Fig. 5

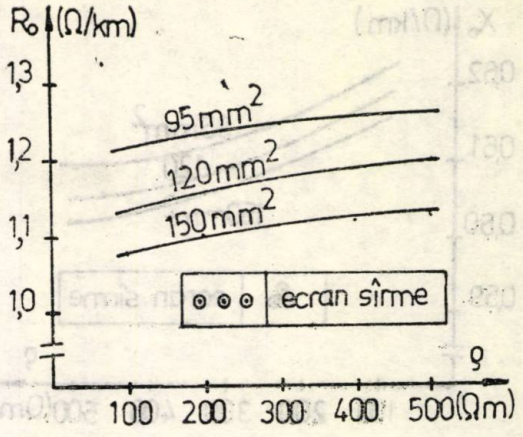


Fig. 6

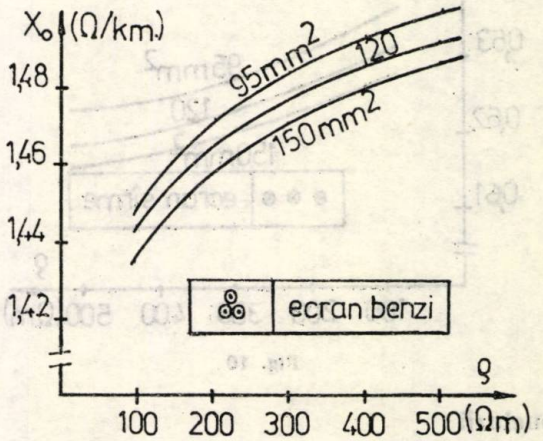


Fig. 7

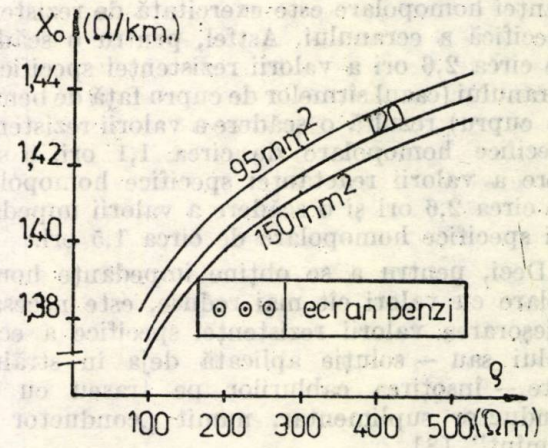


Fig. 8

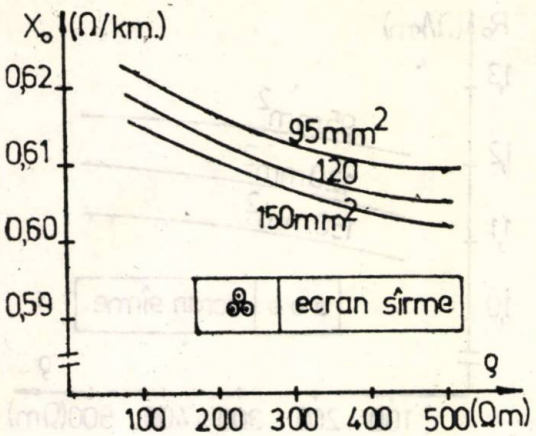


Fig. 9

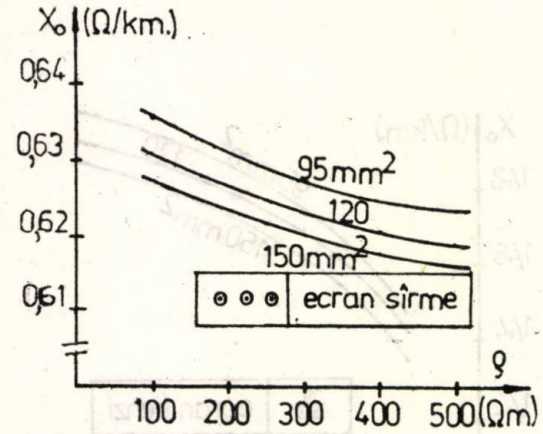


Fig. 10

Concluzii

Datele prezentate în tabelele 1 şi 2, precum şi curbele din figurile 3—10 evidenţiază dependenţa impedanţelor cablurilor de constantele electrice şi geometrice, cît şi de rezistivitatea solului.

Influenţa cea mai accentuată asupra impedanţei homopolare este exercitată de rezistenţa specifică a ecranului. Astfel, pentru o scădere de circa 2,6 ori a valorii rezistenţei specifice a ecranului (cazul sîrmelor de cupru faţă de benzile de cupru) rezultă o scădere a valorii rezistenţei specifice homopolare de circa 1,1 ori, o scădere a valorii reactanţei specifice homopolare de circa 2,6 ori şi o scădere a valorii impedanţei specifice homopolare de circa 1,5 ori.

Deci, pentru a se obţine impedanţe homopolare cu valori cît mai reduse, este necesară micşorarea valorii rezistenţei specifice a ecranului sau — soluţie aplicată deja în străinătate — însoţirea cablurilor pe traseu cu un conductor suplimentar, numit „conductor de pămînt" [8].

Valorile reduse ale impedanţelor homopolare au efecte favorabile mai ales în cazul reţelelor de medie tensiune cu neutrul legat la pămînt prin rezistenţă, datorită faptului că în acest fel se reduc valorile tensiunilor de atingere şi de pas la scurtcircuite monofazate în posturile de transformare.

Modul de pozare (treflă sau linie), precum şi rezistivitatea solului au o influenţă nesemnificativă asupra impedanţei homopolare, variaţia valorilor în cazul diverselor variante analizate fiind de ordinul cîtorva procente.

Pentru situaţiile luate în considerare, raportul R_0/R_1 variază în limitele 3,46—5,95, iar raportul X_0/X_1 în limitele 2,8—12,7; deci în cazul cablurilor — contrar cazului liniilor electrice aeriene — nu se pot defini valori suficient de ferme pentru aceste rapoarte.

Rezultatele prezentate în tabelele 1 şi 2, precum şi în curbele din figurile 3—10 referitoare la impedanţele cablurilor tip A2YSY — 12/20 kV pot fi de un real folos proiectanţilor de reţele electrice, iar metoda de calcul, ca şi formulele utilizate pot servi ca bază teoretică în abordarea unor probleme asemănătoare.

Bibliografie

[1] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.

[2] Clarke, E. *Analiza circuitelor sistemelor electroenergetice*. Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[3] Tănăsescu, Al. şi Işfanu, T. *Parametrii cablurilor în regim de scurtcircuit monofazat. Reactanţe inductive*. În : Energetica 27, nr. 11—12, 1979.

[4] Tănăsescu, Al., Işfanu, T., Russ, M. şi Măriej, H. *Prizele de pămînt echivalente din posturi de transformare şi puncte de alimentare în cazul reţelelor de cabluri de 20 kV cu neutrul tratat prin rezistenţă*. Sesiune de comunicări, Suceava, 6—7 nov. 1980.

[5] Smith, D. R. şi Barger, J. V. *Impedance and circulating current calculations for UD multi-wire concentric neutral circuits*. În : IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-91, nr. 3, 1972.

[6] Lewis, W. A. şi Allen, G. D. *Symmetrical component circuit constants and neutral circulating currents for concentric neutral underground distribution cables*. În : IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-97, nr. 1, 1978.

[7] Lewis, W. A., Allen, G. D. şi Wang, I. C. *Circuit constants for concentric neutral underground distribution cables on a phase basis*. În : IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-97, nr. 1, 1978.

[8] * * * Nations Unies. Conseil Economique et Social. Comité de l'énergie électrique. *Les reseaux de distribution par câbles dans les zones rurales*. Vingt-deuxième Session, 2—4 juin, 1980.

[9] Mühlethaler, R., Ruchet, R., Schmidt, M. şi Wagner, I. *Progrès réalisés dans la fabrication et le contrôle des câbles haute tension à isolation polyéthylène*. În : Bull. ASE 62, nr. 5, Zürich, 6.3.1971.

[10] Laurent, M. *Intensité des court-circuits admissibles dans les câbles HT à isolation polyéthylène*. Raport 2.5, Conferinţa C.I.R.E.D., Londra, 1973.

[11] Tănăsescu, Al. *Contribuţii privind determinarea parametrilor şi repartiţia curenţilor de scurtcircuit monofazat la reţele de medie tensiune cu cabluri*. Teză de doctorat. I. P. „Traian Vuia"-Timişoara, 1981.

(Articol intrat în redacţie la 12 august 1981)

Metode de pasivare a suprafeţelor metalice active din construcţia transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune

Ing. Şt. Panţu *)

1. Consideraţii teoretice privind influenţa suprafeţelor metalice din transformatoare asupra calităţii uleiurilor electroizolante

Dezvoltarea reţelelor de transport al energiei electrice necesită transformatoare de mare putere şi înaltă tensiune, fapt ce impune utilizarea unor uleiuri electroizolante şi a unor aparataje de cea mai bună calitate.

Datorită complexităţii structurale, comportarea uleiurilor electroizolante în exploatare nu este pe deplin previzibilă. Reacţiile chimice pe care le suferă uleiul în prezenţa cîmpului electric şi a materialelor cu efect catalitic conduc la două categorii de produşi:

— o categorie o reprezintă produşii de îmbătrînire şi apa, aceştia apărînd ca urmare a reacţiilor de descompunere a hidroperoxizilor. Tendinţa de formare a hidroperoxizilor depinde în mod direct de energia de activare necesară ruperii legăturilor carbon-hidrogen, energie de activare ce scade foarte mult prin efectul catalitic al suprafeţelor metalice cu care uleiul vine în contact [1];

— cealaltă categorie de produşi o reprezintă gazele, care apar ca urmare a ionizărilor şi descărcărilor parţiale, fenomene ce sînt o consecinţă directă a apariţiei produşilor din prima categorie. Gazele vor fi absorbite de ulei sau se vor degaja din masa lui, accentuînd şi perpetuînd procesul de degradare [2], [3], [4]. Rezultă că procesul de îmbătrînire a uleiului este determinat de prezenţa oxigenului şi a materialelor cu acţiune catalitică.

Faţă de o durată de viaţă de 20—30 ani pe care trebuie să o aibă încărcătura de ulei, se ajunge în situaţia ca numai după 2—7 ani uleiul să prezinte o stare avansată de degradare în cazul în care suprafeţele metalice cu efect catalitic nu sînt protejate. Această durată de utilizare este total nesatisfăcătoare, impunînd numeroase recondiţionări de ulei şi decuvări de transformatoare, fapt ce conduce la creşterea preţului de exploatare şi la scăderea siguranţei în alimentarea cu energie electrică a obiectivelor industriale.

Date din literatura de specialitate [5], [6], [7], precum şi din studiile efectuate de ICEMENERG [8] arată că fierul şi aluminiul cu suprafeţe netede nu exercită o influenţă catalitică sesizabilă, dar că rugina, crustele de sudură, hidroxizii de fier şi cuprul prezintă o acţiune catalitică hotărîtoare în procesele de îmbătrînire pe care le suferă uleiul electroizolant.

2. Experimentări

Experimentările efectuate în laborator au avut un dublu scop, şi anume:

— determinarea cantitativă a efectelor negative asupra uleiului electroizolant ale materialelor luate în consideraţie;

— găsirea unor soluţii eficiente pentru înlăturarea acestor efecte negative.

Pentru stabilirea parametrilor ce au stat la baza experimentărilor au fost luate în considerare următoarele:

— temperatura medie de utilizare a uleiului electroizolant în transformatoarele de mare putere: 80°C;

— proporţia între suprafaţa materialelor şi volumul de ulei electroizolant: circa 80 cm^2: 150 cm^3 ulei;

— metoda de încercare a caracteristicilor peliculelor de lacuri [9] şi cea de încercare a uleiurilor la îmbătrînire (STAS 6798/63) ce stabilesc durata determinărilor la 168 şi, respectiv, 164 ore.

Astfel, corelînd parametrii mai sus menţionaţi, s-a procedat la efectuarea experimentărilor în trei variante:

1) 168 ore la 80°C;
2) 720 ore la 80°C;
3) 72 ore la 120°C.

Durata de 168 ore a fost extinsă la 720 ore pentru a se putea observa mai bine efectul soluţiilor de protejare a suprafeţelor metalice comparativ cu aceleaşi suprafeţe neprotejate.

A treia variantă de experimentare, ce impune condiţii dure de temperatură, a fost aleasă pentru a pune în evidenţă comportarea materialelor în condiţii de funcţionare defectuoasă de scurtă durată, care se întîlnesc destul de des în exploatarea transformatoarelor.

În cursul experimentărilor s-a urmărit influenţa reciprocă materiale-ulei prin caracteristicile fizico-chimice care pun cel mai bine în evidenţă starea de degradare: aciditatea organică, tensiunea interfacială, conţinutul de apă, tg δ/90°C pentru ulei, precum şi aspectul probelor, atît pentru ulei, cît şi pentru materiale.

Experimentările au fost efectuate pe clase de materiale, după cum urmează:

2.1. *Comportarea materialului OL 38*

Acest material intră în construcţia cuvei transformatoarelor, a tubulaturii, a ţevilor răcitoarelor, a conservatoarelor.

În cadrul procesului tehnologic de fabricaţie a transformatoarelor, OL 38 suferă operaţii de tăiere şi de sudură, fapt ce conduce la apariţia pe suprafaţa metalului a crustelor de rugină şi a urmelor de sudură.

*) Ing. Şt. Panţu este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

Pentru a observa comportarea acestui material în prezența uleiului electroizolant, experimentările au inclus:

— OL 38 cu suprafață curată;

— OL 38 ruginit și cu urme de sudură.

În același timp a fost studiată eficiența unor soluții de protejare ca:

— acoperire directă cu lac electroizolant AA 67 pigmentat gri, după o degresare a suprafeței cu alcool izopropilic;

— acoperirea cu lac AA 67 pigmentat gri, după o pregătire prealabilă a suprafeței prin fosfatare la cald [10].

Analizînd datele prezentate, se poate constata:

— o ușoară influență negativă a OL 38 curat;

— nici o influență vizibilă în primele 168 ore la 80°C a OL 38 ruginit și cu urme de sudură, deoarece hidroxidul de fier neutralizează substanțele de degradare cu caracter acid. Efectul negativ începe să se facă simțit după 168 ore, iar în cazul variantei a treia apar și depuneri de gudron;

— plăcuțele de OL 38 acoperite cu lac AA 67 pigmentat gri, cu și fără fosfatare preliminară, se comportă la fel de bine, realizîndu-se o conservare eficientă a suprafeței materialului chiar în condițiile cele mai severe de experimentare. Pelicula de lac AA 67 nu a suferit modificări de masă și nici de aspect, cu excepția testării în cea de-a treia variantă, cînd pelicula a căpătat o tentă ușor brună.

2.2. *Comportarea cuprului și alamei*

Cuprul intră în confecționarea înfășurărilor, a conexiunilor, a ecranelor din interiorul cuvei. Acțiunea negativă a cuprului din înfășurări este anulată prin acoperire cu hîrtie, în schimb conexiunile și ecranele rămîn neprotejate.

Alama constituie materialul din care se realizează țevile răcitoarelor de ulei. De exemplu, bateria de răcire de tip RUV 300 P 3A, realizată de IMUC-București, conține 201 țevi de alamă prin care circulă 95 m^3/oră ulei electroizolant la o temperatură de 75—80°C.

Experimentările au inclus cuprul și alama ca atare, precum și:

— cupru acoperit cu lac AA 67;

— alamă pasivată cu o soluție conținînd 50 g bicromat de potasiu și 10 g acid sulfuric la un litru de apă [11].

În fiecare dintre cele trei variante de experimentare, cuprul și alama exercită o influență catalitică netă în procesul de degradare a uleiului electroizolant, atingîndu-se punctul critic al apariției gudroanelor.

Tabelul 1

Comportarea materialului OL 38

Nr. crt.	Probe			Aciditate organică mg KOH/g	Tensiune interfacială dyn/cm	Apă ppm	tg δ/90°C ×10⁻³	Aspect probe
1	Ulei neoxidat (nou)			0	46,5	56	3	Ulei clar, galben pai
2	Ulei probă-martor	168 ore	80°C	0,00316	45,3	55	7,78	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,0087	44	53	9	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,0257	31,5	54	34	Ulei clar, maron închis
3	Ulei + plăcuțe OL 38 curate	168 ore	80°C	0,0825	41	53	13,51	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,096	32	55	15,3	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,105	28	55	65	Ulei opalescent maron închis
4	Ulei + plăcuțe OL 38 ruginite și cu urme de sudură	168 ore	80°C	0	43	52,5	7,16	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,0705	30	54,5	38,75	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,125	25	57	94	Ulei opalescent, maron închis Depunere de gudron
5	Ulei+plăcuțe OL 38 acoperite cu lac AA 67	168 ore	80°C	0,0203	42,6	52,6	6,34	Ulei clar. Masa plăcuțelor constantă, pelicula de lac intactă
		720 ore	80°C	0,0301	37	55	11	Idem
		72 ore	120°C	0,0835	29	56	44	Ulei clar, maron închis Masa plăcuțelor constantă, pelicula ușor brunată
6	Ulei + plăcuțe OL 38 fosfatate la cald și acoperite cu lac AA 67	168 ore	80°C	0,02037	42	53	6,15	Ulei clar, galben. Masa plăcuțelor constantă, plăcuța de lac intactă
		720 ore	80°C	0,03007	36,8	56	11,5	Idem
		72 ore	120°C	0,0841	28,8	54	47	Ulei clar, maron închis Masa plăcuțelor constantă

Tabelul 2

Comportarea cuprului şi alamei

Nr. crt.	Probe			Aciditate organică mgKOH/g	Tensiune interfacială dyn/cm	Apă ppm	tg δ/90°C × 10⁻³	Aspect probe
1	Ulei neoxidat (nou)			0	46,5	56	3	Ulei clar, galben pai
2	Ulei probă-martor	168 ore	80°C	0,00316	45,3	55	7,78	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,0087	44	53	9	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,0257	31,5	54	34	Ulei clar, maron închis
3	Ulei + plăcuţe cupru	168 ore	80°C	0,0134	29	54	44,79	Ulei maron închis, depunere gudron
		720 ore	80°C	0,124	25	54	55	Ulei maron închis, depunere gudron
		72 ore	120°C	0,128	20	55	112	Ulei maron închis, depunere gudron
4	Ulei+ţeavă alamă	168 ore	80°C	0,0317	29,5	54	43	Ulei maron închis, depunere gudron
		720 ore	80°C	0,1005	28	57,5	52	Ulei maron închis, depunere masivă de gudron
		72 ore	120°C	0,108	21,8	57	83	Idem
5	Ulei+plăcuţă cupru acoperită cu lac AA 67	168 ore	80°C	0,0208	43	56	7,5	Ulei clar, galben pai. Plăcuţa intactă
		720 ore	80°C	0,032	37,5	54,5	10,5	Ulei clar, galben pai. Plăcuţa intactă
		72 ore	120°C	0,087	28,5	53	45	Ulei clar maron închis. Pelicula uşor brunată
6	Ulei+ţeavă alamă pasivată	168 ore	80°C	0,021	43,2	55	8,3	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,0292	38	54	13,5	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,0801	31	54	47	Ulei clar, maron închis

Tabelul 3

Comportarea aluminiului

Nr. crt.	Probe			Aciditate organică mg KOH/g	Tensiune interfacială dyn/cm	Apă ppm	tgδ/90°C ×10⁻³	Aspect probe
1	Ulei neoxidat (nou)				46,5	56		Ulei clar, galben pai
2	Ulei probă martor	168 ore	80°C	0,00316	45,3	55	7,78	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,0087	44	53	9	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,0257	31,5	54	34	Ulei clar, maron închis
3	Ulei+conductor aluminiu	168 ore	80°C	0,00647	44	54	15,5	Ulei clar, maron închis
		720 ore	80°C	0,0175	37	54	20	Ulei clar, maron închis
		72 ore	120°C	0,0905	30	56	53	Ulei clar, maron închis
4	Ulei+conductor aluminiu decapat	168 ore	80°C	0,0038	45	54	6,9	Ulei clar, galben pai
		720 ore	80°C	0,00987	39	52	8,5	Ulei clar, galben pai
		72 ore	120°C	0,0878	31	57	40	Ulei clar, maron închis
5	Ulei+conductor aluminiu acoperit cu lac	168 ore	80°C	0,02075	44,5	56	7,3	Ulei clar, galben pai. Pelicula de lac nemodificată
		720 ore	80°C	0,0315	38	53	11,3	Idem
	Lac AA 67	72 ore	120°C	0,0703	31	55	48	Ulei clar, maron închis. Pelicula uşor brunată

Cuprul acoperit cu lac AA 67 îşi pierde total efectul catalitic. De asemenea, alama tratată se comportă foarte bine, stratul pasivat conferind materialului o inhibare perfectă a efectului catalitic.

2.3. *Comportarea aluminiului*

Aluminiul intră în componenţa înfăşurărilor şi conexiunilor ce se găsesc plasate în interiorul cuvei transformatoarelor. Înfăşurările sînt pro-

tejate prin acoperire cu hîrtie electroizolantă, dar conexiunile rămîn în contact direct cu uleiul.

Experimentările, în cele trei variante, au cuprins aluminiu: oxidat, decapat în soluție de KOH, acoperit cu lac AA 67.

Se poate observa, în cazul tuturor probelor, o influență catalitică minoră a aluminiului, influență ce este total înlăturată prin decapare sau prin acoperire cu lac AA 67.

3. Concluzii

3.1. Influența negativă cea mai accentuată asupra uleiului electroizolant o au, în ordine descrescătoare: cuprul, alama, OL 38 ruginit.

Cuprul și alama își manifestă efectul catalitic în mod pregnant, chiar și în condițiile cele mai blînde de experimentare.

Influența negativă a OL 38 se face simțită după o perioadă mai îndelungată, după ce hidroxidul feric conținut în rugină se consumă prin neutralizarea produșilor acizi rezultați din reacțiile de oxidare ale uleiului.

Aluminiul este practic inert față de uleiul electroizolant.

3.2. Experimentările au arătat că din metodele încercate cele mai eficiente pentru îndepărtarea efectului catalitic sînt:

— acoperirea cu lac AA 67 a conexiunilor cupru-cupru, a ecranelor de cupru și a tuturor pieselor de cupru din interiorul cuvei;

— pasivarea alamei, care intervine cu o mare pondere de suprafață activă la bateriile de răcire;

— acoperirea materialului OL 38 cu lac AA 67. Trebuie astfel protejate toate piesele din interiorul cuvei, inclusiv suprafața internă a acesteia și a conservatoarelor de ulei. Experimentările au arătat că lacul AA 67 are o aderență foarte bună și fără o pregătire prealabilă a suprafeței prin fosfatare, fiind necesară o simplă degresare.

4. Realizări practice

4.1. *Tehnologia de pasivare a interiorului țevilor de alamă de la bateriile de răcire*

Inițial, suprafața internă a țevilor de alamă, ce se acoperea cu cruste de oxizi în procesul de fabricație, se curăța manual, prin frecare cu Tix sau Alba-menaj, cu ajutorul unor perii de sîrmă. În acest mod se pregătea un excelent catalizator pentru accelerarea reacțiilor de îmbătrînire a uleiului electroizolant care circulă prin aceste țevi la o temperatură de circa 80°C.

La intervenția ICEMENERG nu s-a permis omologarea acestui tip de baterie de răcire decît după pasivarea interiorului țevilor de alamă. În acest scop s-a pus la dispoziția fabricantului, IMUC-București, o tehnologie de pasivare în două variante: statică și dinamică.

A fost acceptată și realizată varianta statică, fiind astfel posibilă omologarea bateriilor de răcire (tip RUV 300 P 3A) conform NID 6814—78. Norma a fost completată la punctul 5.6, cu aplicarea obligatorie a tehnologiei de pasivare în varianta statică.

4.2. *Pasivarea întregii suprafețe metalice din transformatoarele de mare putere și înaltă tensiune*

Ca urmare a colaborării dintre ICEMENERG și Uzinele Electroputere-Craiova, acestea din urmă au trecut la pasivarea cu lac AA 67 a tuturor părților metalice din interiorul cuvelor. (Lacul AA 67 este produs de „Policolor"-București, consumul specific în procesul tehnologic de acoperire fiind de circa 300 g/m²).

Bibliografie

[1] Carlton, E. *Tratat*, vol. 2, *The Chemistry of Electrical Discharges.*

[2] Neisser, A. și Lawrence, R. *Nature*, 206, nr. 5, 1965, p. 85—86.

[3] Tropper, H. *Journal Electrochemical Society* (S.U.A.), vol. 108, febr. 1961, p. 144—150.

[4] Clark, F. A. *Franklin Institute*, 215, ian. 1953, p. 39—67.

[5] Ciulin I. și Petri, V. *Studiu privind curățirea interioară a radiatoarelor.* CIMAE Craiova — ICP Electroputere.

[6] Hagymas, Ch., Firoiu, C. și Radovici, O. *Coroziunea și protecția metalelor.* Editura tehnică, București, 1965.

[7] Bărcănescu, F. și Ciubotaru, V. *Fenomene de cataliză în transformatoare.* În: Electrotehnica nr. 8, 1970.

[8] Tăbăcaru, Al., Popescu, M. și Pantu, St. *Cercetări privind stabilirea unui sort optim de ulei de transformator necesar și posibil a se fabrica, ținînd cont de influența materialelor și condițiile de exploatare.* ICEMENERG, București, 1973.

[9] * * * MICMUE — DTI, FCME-București. NID 3230/72. *Lacuri de acoperire AA 66 și AA 67.*

[10] * * * MICM—ICPE. *Norme de climatizare și protecții climatice. Fosfatarea la cald a metalelor feroase.* NCT 21—1 oct. 1968.

[11] * * * MICM—ICPE. *Norme de climatizare și protecții climatice. Pasivarea pieselor de cupru și a aliajelor de cupru.* NCT 24—1 oct. 1968.

(Articol intrat în redacție la 17 noiembrie 1981)

Cercetări pe modele asupra procesului de transfer de căldură la fierberea apei pe elemente de combustibil nuclear, prevăzute cu ondulații triunghiulare rotunjite la vîrf și bază *)

C. Haiduc**)

Cercetările experimentale asupra procesului de fierbere au fost axate pe obținerea rezultatelor asupra transferului de căldură în regim de fierbere a apei subrăcite pe suprafața modelelor de elemente de combustibil prevăzute cu ondulații. Elementele de combustibil cu ondulații pentru reactorii fierbători constituie obiectul invenției autorului articolului de față, nr. 60955 din 11 noiembrie 1974.

Modelele de elemente de combustibil experimentate au fost prevăzute cu ondulații triunghiulare rotunjite la vîrf și bază, perpendicular pe axa barei, avînd următoarele caracteristici:

— diametrul exterior al nervurilor $d_e = 8$ mm
— diametrul interior al nervurilor $d_i = 7$ mm
— pasul dintre nervuri $t = 0{,}5$ mm
— lungimea elementului $l = 90$ mm

Cercetările au fost efectuate cu ajutorul unei bucle termice cu circulație naturală pentru presiuni $1 < p < 400$ ata.

În cursul experimentărilor, modelele de elemente de combustibil au fost fixate în poziție verticală. Parametrii agentului de răcire (apa distilată) au fost variați după cum urmează:

— presiunea apei $20 < p < 80$ ata;
— temperatura apei $35 < t_l < 226$°C.

Fluxul termic pe suprafața elementelor a fost variat în limitele $0 < q < 9 \cdot 10^5$ kcal/m^2·h.

Avînd în vedere faptul că în literatura de specialitate nu sînt publicate rezultate asupra transferului de căldură la fierberea apei pe elementele de combustibil menționate, cercetările au urmărit obținerea diagramelor $q = f(\Delta t, t_l)$ și $\alpha = f(\Delta t, t_l)$ pentru domeniul de variație a parametrilor apei menționat.

În relațiile de mai sus:

Δt este diferența dintre temperatura peretelui elementului și a apei;
α — coeficientul de cedare a căldurii de la element la apă.

În figurile 1 și 2 se prezintă curbele $q = f(\Delta t, t_l)$ pentru diferite presiuni ale agentului termic.

Fluxul termic a fost raportat la suprafața exterioară medie a elementului trasată la jumătatea înălțimii nervurilor, utilizîndu-se relația:

$$q = \frac{2Q}{\pi(d_e + d_i)l}, \qquad (1)$$

în care Q reprezintă cantitatea de căldură degajată în total pe suprafața elementului, kcal/h.

Alura curbelor $q = f(\Delta t)$ pentru $t_l = \text{const.}$ și $p = \text{const.}$ este identică pentru domeniul de presiuni $p = 20-80$ ata. În general, cu creșterea fluxului termic pentru $t_l = \text{const.}$ are loc creșterea diferenței de temperatură $\Delta t = t_p - t_l$. Pentru un flux termic $q = \text{const.}$, micșorarea lui Δt se obține prin creșterea temperaturii lichidului și deci prin micșorarea subrăcirii lichidului.

În general, curbele $q = f(\Delta t)$ sînt puțin mai aplatisate la presiuni mai ridicate, ceea ce arată că, pentru a obține un flux termic dat pe element, mărimea Δt va fi mai mare în cazul presiunilor mai ridicate. Aceste dependențe ca alură sînt asemănătoare cu rezultatele prezentate în literatura de specialitate pentru fierberea apei subrăcite pe elemente de combustibil cilindrice netede.

Înclinația curbelor $q = f(\Delta t)$ pentru $t_l = \text{const.}$ este însă mai mică în cazul elementelor cu ondulații. Această situație se explică prin faptul că fluxurile termice critice la fierberea apei pe elemente cilindrice cu ondulații, după cum au arătat cercetările noastre anterioare, sînt mai ridicate cu 30—42% față de cazul elementelor cilindrice netede.

Alura curbelor $\alpha = f(\Delta t)$ este identică pentru domeniul de parametri cercetat.

Rezultatele prelucrării datelor experimentale în diagrame $\alpha = f(q)$ sînt prezentate în figurile 3, 4, 5, 6.

Alura curbelor $\alpha = f(q)$ este analoagă pentru diferite presiuni, dependența dintre α și q fiind însă diferită față de rezultatele prezentate în literatura de specialitate pentru elemente cilindrice netede. Coeficienții de cedare a căldurii la elementele cu ondulații pentru mărimi q și t_l date au în general valori mai ridicate decît în cazul elementelor cilindrice netede. Aceasta se explică prin trei efecte suplimentare care au loc în cazul fierberii pe elemente cu ondulații, și anume:

1) creșterea suprafeței de transfer de căldură a elementelor prin utilizarea ondulațiilor;

2) intensificarea turbulenței straturilor de emulsie lichid-bule din apropierea suprafeței ondulate datorită spălării transversale a nervurilor;

3) creșterea concentrației numărului de centri de vaporizare pe suprafața elementelor datorită utilizării ondulațiilor.

Pentru obținerea corespondenței dintre criteriile Nusselt — Nu * și Reynolds — Re* în cazul fierberii apei subrăcite pe elemente cu

*) Lucrare prezentată la Sesiunea a 7-a de comunicări tehnico-științifice a ICSITEEMR, București, 22—24 octombrie 1981.

**) Dr. ing. Constantin Haiduc este cercetător științific principal II la ICSITEEMR.

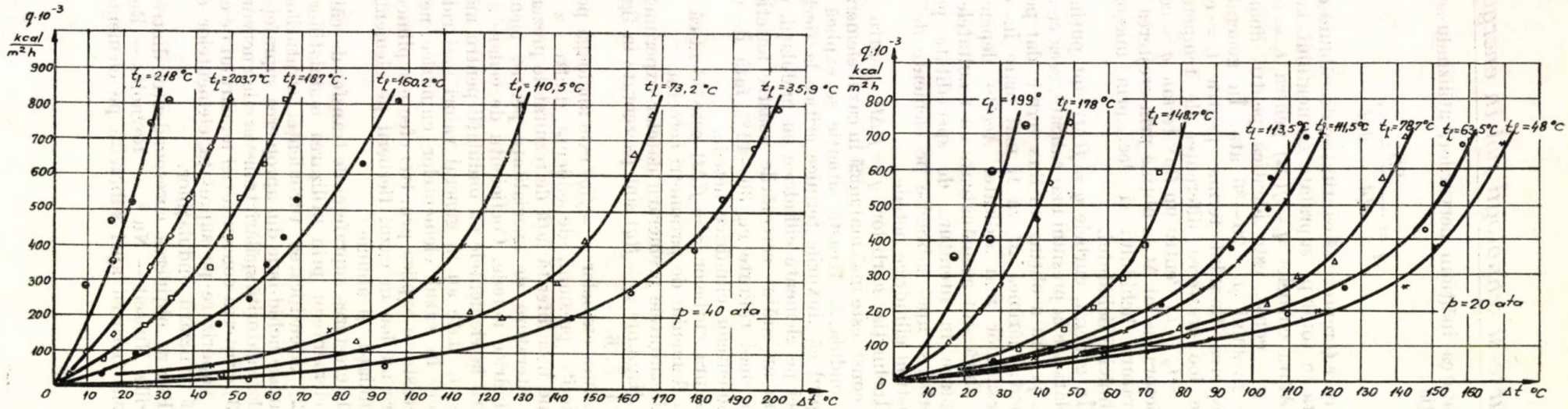


Fig. 1. Variaţia fluxului termic la fierberea apei pe elemente de combustibil cu ondulaţii în funcţie de Δt pentru $p = 20$ ata şi $p = 40$ ata.

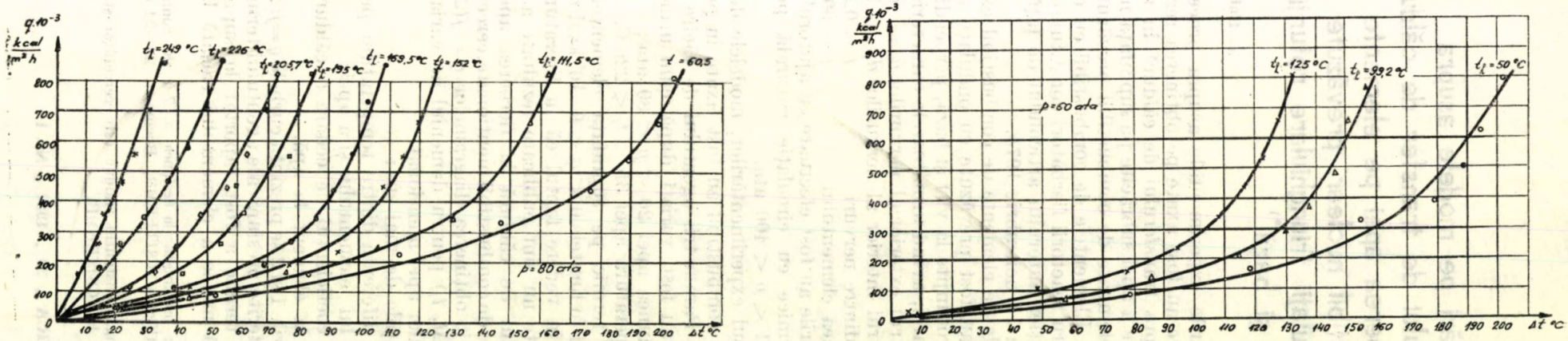


Fig. 2. Variaţia fluxului termic la fierberea apei pe elemente de combustibil cu ondulaţii în funcţie de Δt pentru $p = 60$ ata şi $p = 80$ ata.

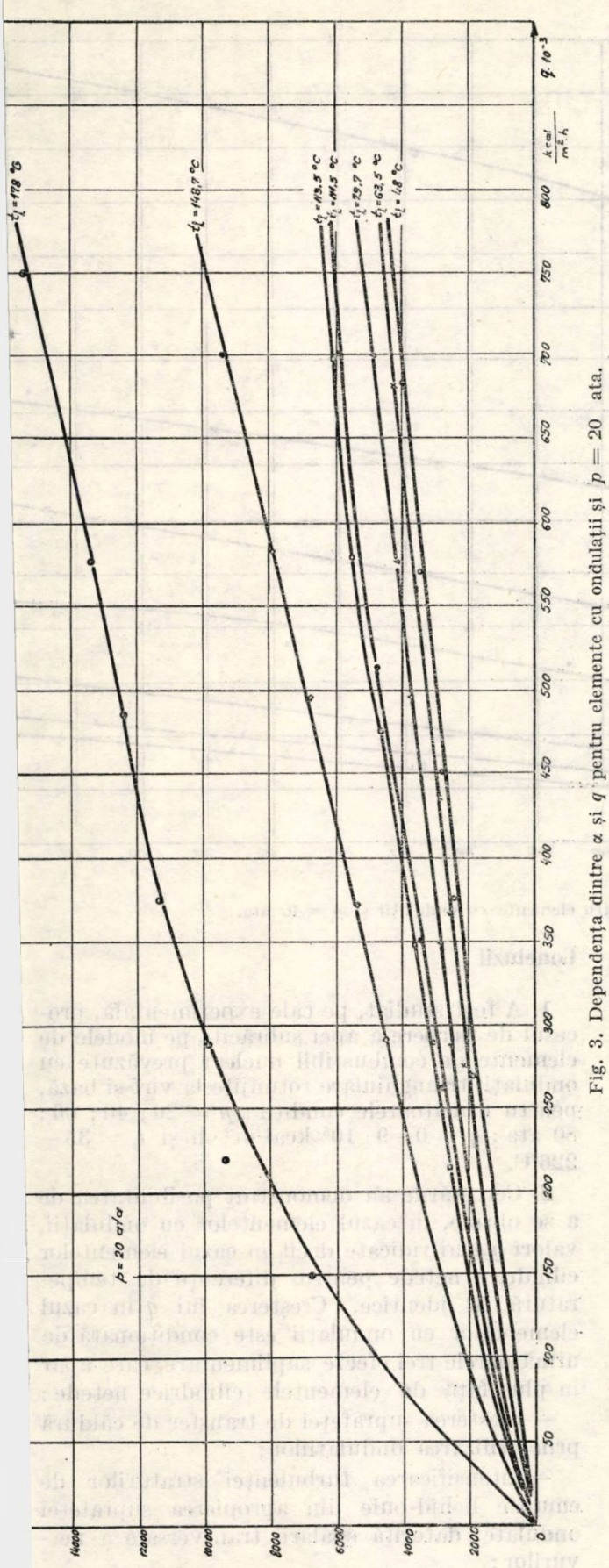


Fig. 3. Dependența dintre α și q pentru elemente cu ondulații și $p = 20$ ata.

ondulații, criteriul Re* a fost exprimat sub forma :

$$\mathrm{Re}^* = \frac{w^* d_b}{\nu}, \tag{2}$$

în care

w este viteza de formare a aburului pe suprafața de transfer de căldură a elementului, m/s ;
d_b — diametrul de desprindere al bulelor de pe suprafața elementului, m ;
ν — coeficientul de viscozitate cinematică a lichidului, m^2/s.

Viteza de formare a aburului se exprimă prin relația :

$$w^* = \frac{q}{3600\, r\gamma''} \tag{3}$$

unde

q este fluxul termic, $kcal/m^2 \cdot h$;
r — căldura de vaporizare a lichidului, kcal/kg,

iar diametrul de desprindere a bulelor :

$$d_b = \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma' - \gamma''}}, \tag{4}$$

în care

σ este tensiunea superficială a lichidului, kg/m ;
$\gamma' - \gamma''$ — greutatea specifică a lichidului și aburului, kg/m^3.

Criteriul Nu* în acest caz are forma :

$$\mathrm{Nu}^* = \frac{\alpha d_b}{\lambda}, \tag{5}$$

unde

d_b este diametrul de desprindere al bulelor, m ;
λ — coeficientul de conductibilitate termică a lichidului, $kcal/m \cdot h \cdot °C$.

În acest mod de exprimare a criteriilor Re* și Nu*, utilizînd diametrul bulei d_b ca mărime de lungime determinantă pentru procesul de fierbere, în cazul circulației naturale, se admite că diametrul elementului nu influențează procesul. O astfel de accepțiune este admisă în cazul fierberii pe elemente cilindrice netede.

Graficele $\mathrm{Nu}^* = f(\mathrm{Re}^*)$ în coordonate logaritmice pentru elementele cu ondulații sînt prezentate în figurile 7, 8, 9 și 10.

Analiza graficelor $\mathrm{Nu}^* = f(\mathrm{Re}^*)$ permite să se delimiteze, pentru fiecare presiune și temperatură a lichidului, cele trei domenii de curgere a emulsiei apă-abur pe lungimea elementului : laminar, intermediar și turbulent.

Este foarte important de menționat faptul că domeniile respective sînt delimitate în acest caz de valori diferite ale criteriului Re*.

Valorile lui Re* care delimitează cele trei domenii de curgere sînt diferite, în funcție de presiunea și temperatura lichidului. La presiunea de 20 ata nu apare o delimitare clară între regimul laminar și cel intermediar. La presiunile de 40, 60 și 80 ata, aceste regimuri sînt mai bine delimitate.

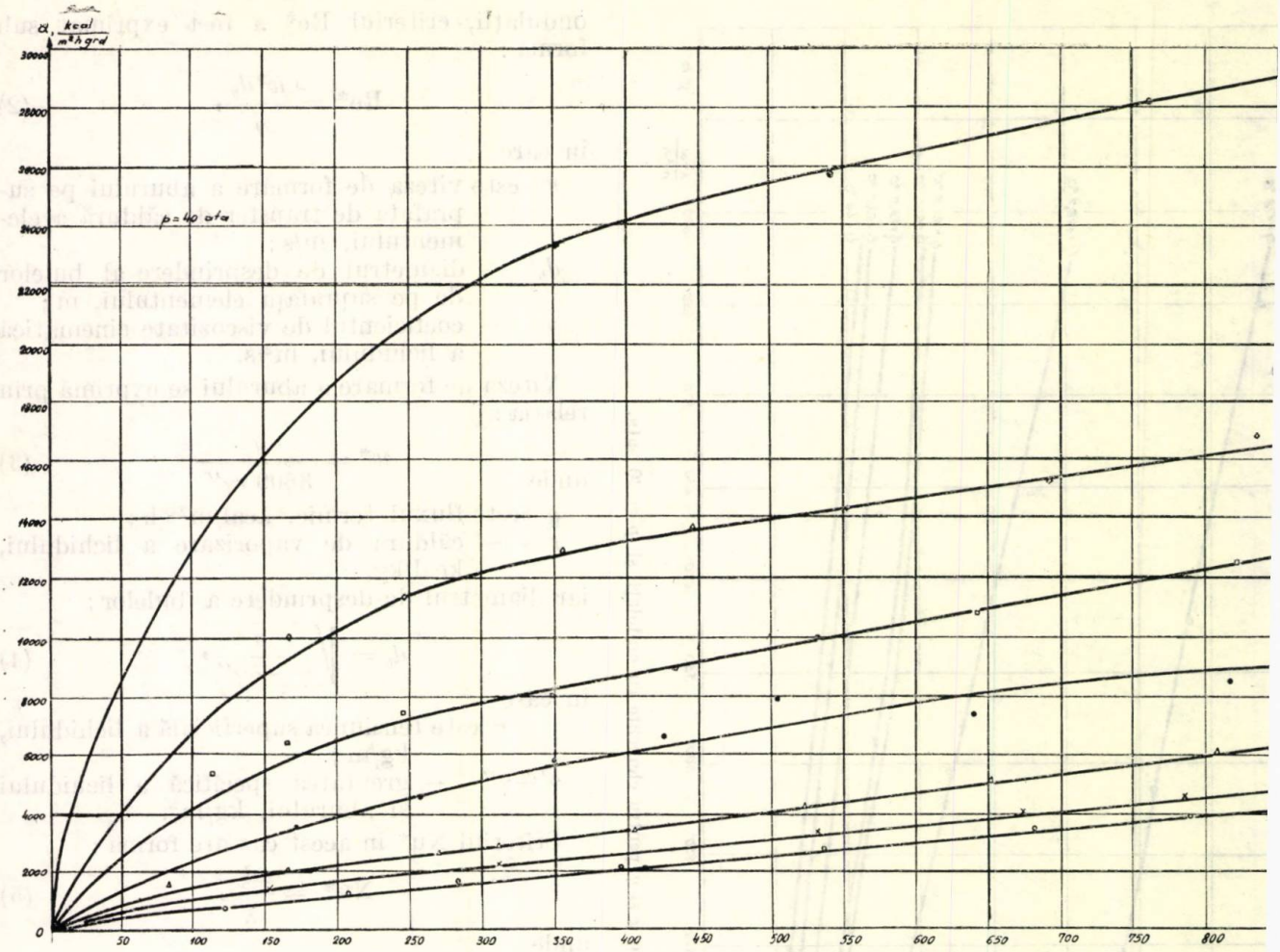


Fig. 4. Dependența dintre α și q pentru elemente cu ondulații și $p = 40$ ata.

Limitele dintre regimul laminar și intermediar și, respectiv, dintre regimul intermediar și cel turbulent se deplasează spre valori mai scăzute ale criteriului Re* cu creșterea temperaturii lichidului. Acest efect de „mutație" a celor trei zone, în cazul elementelor cu ondulații, a fost observat pentru prima dată în cadrul acestor cercetări. Din punctul de vedere al mecanismului procesului de fierbere, pe măsura creșterii temperaturii lichidului, procesul se intensifică, crește viteza de formare a bulelor w^* și, respectiv, se intensifică turbulizarea stratului de emulsie din apropierea elementului.

Pentru valori scăzute ale temperaturii lichidului, valoarea criteriului Re* care delimitează, la diferite presiuni, regimul intermediar de cel turbulent este apropiată de Re* = 10 000.

Aceasta demonstrează justețea luării în considerație a diametrului bulei d_b ca mărime determinantă a procesului în criteriul Re*.

Trebuie subliniat de asemenea faptul că dreptele $Nu^* = f(Re^*)$ pentru fiecare dintre cele trei regimuri de curgere, sînt paralele între ele pentru toate valorile lui t_l, respectiv pentru diferite grade de subrăcire a lichidului.

Concluzii

1. A fost studiat, pe cale experimentală, procesul de fierbere a apei subrăcite pe modele de elemente de combustibil nuclear prevăzute cu ondulații triunghiulare rotunjite la vîrf și bază, pentru următoarele condiții: $p = 20$; 40; 60; 80 ata; $q = 0 - 9 \cdot 10^5$ kcal/m$^2 \cdot$ h și $t_l = 35 - 226$°C.

2. Cercetările au demonstrat posibilitatea de a se obține, în cazul elementelor cu ondulații, valori q mai ridicate decît în cazul elementelor cilindrice netede pentru diferențe de temperatură Δt identice. Creșterea lui q în cazul elementelor cu ondulații este condiționată de următoarele trei efecte suplimentare, care apar în plus față de elementele cilindrice netede:

— creșterea suprafeței de transfer de căldură prin utilizarea ondulațiilor;

— intensificarea turbulenței straturilor de emulsie lichid-bule din apropierea suprafeței ondulate, datorită spălării transversale a nervurilor;

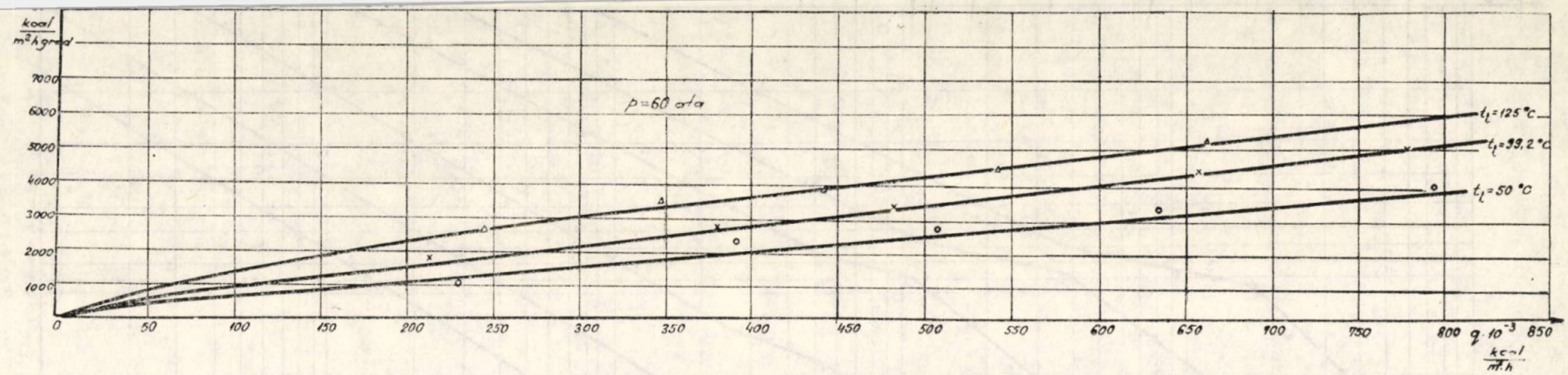


Fig. 5. Dependența dintre α și q pentru elemente cu ondulații și $p = 60$ ata.

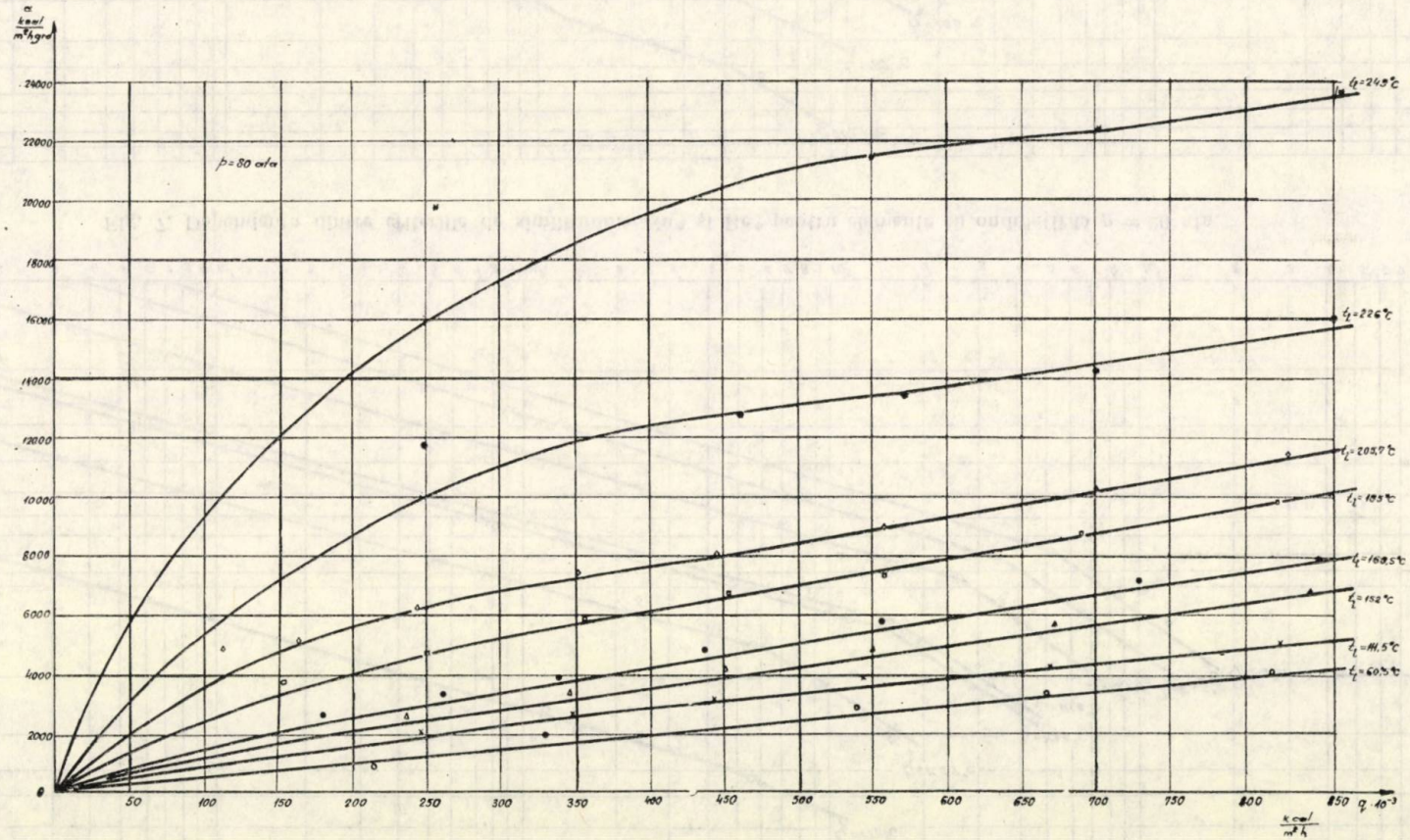


Fig. 6. Dependența dintre α și q pentru elemente cu ondulații și $p = 80$ ata.

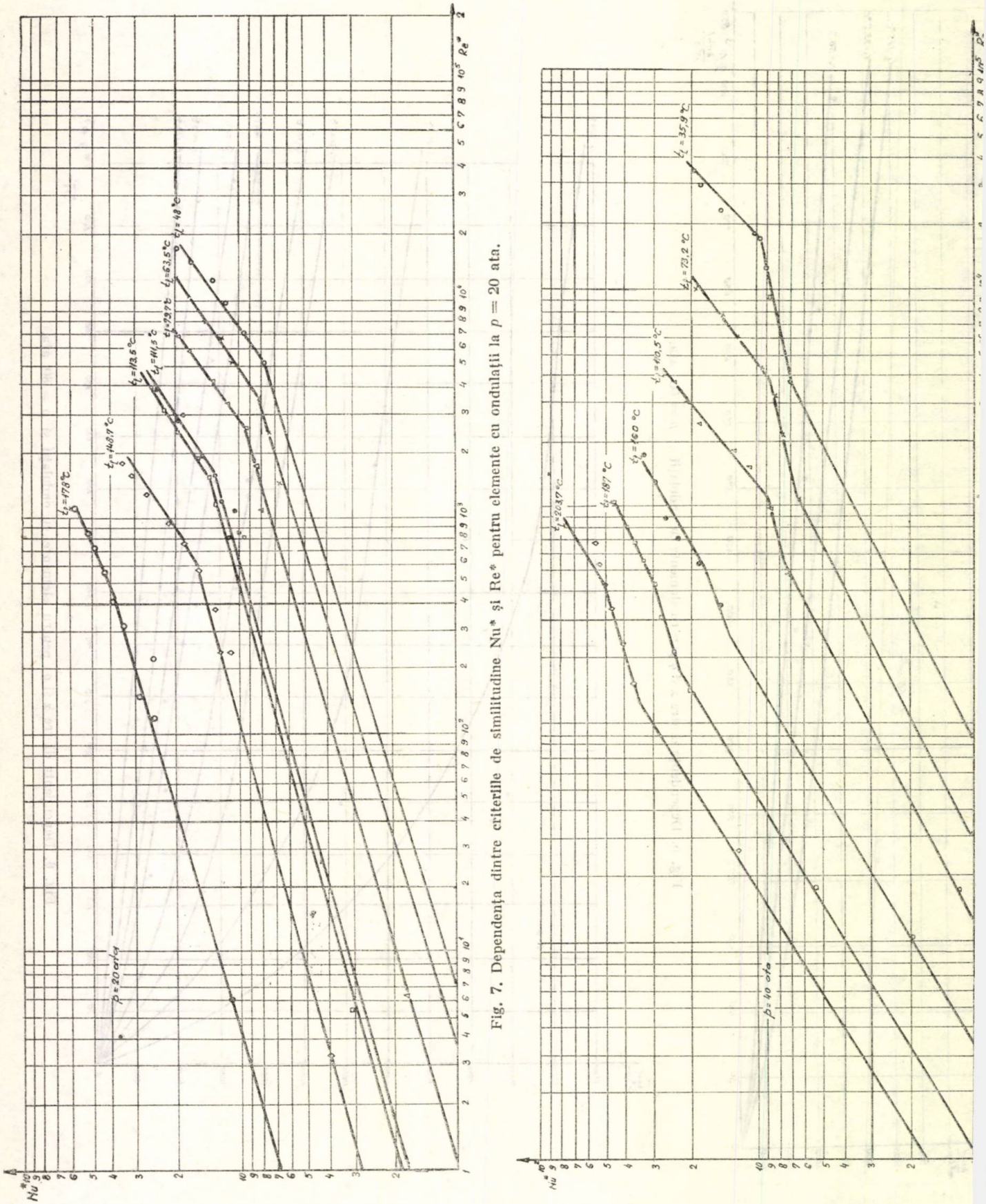


Fig. 7. Dependența dintre criteriile de similitudine Nu* și Re* pentru elemente cu ondulații la $p = 20$ ata.

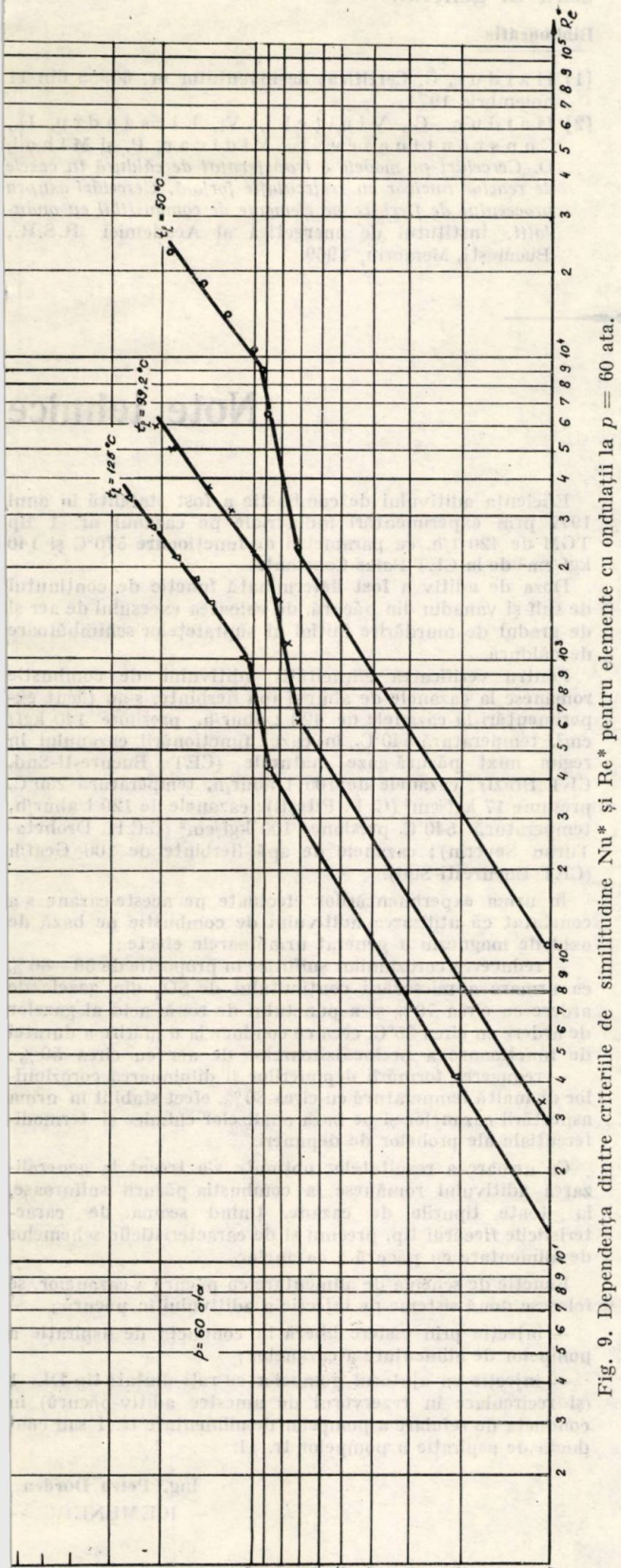


Fig. 9. Dependența dintre criteriile de similitudine Nu* și Re* pentru elemente cu ondulații la $p = 60$ ata.

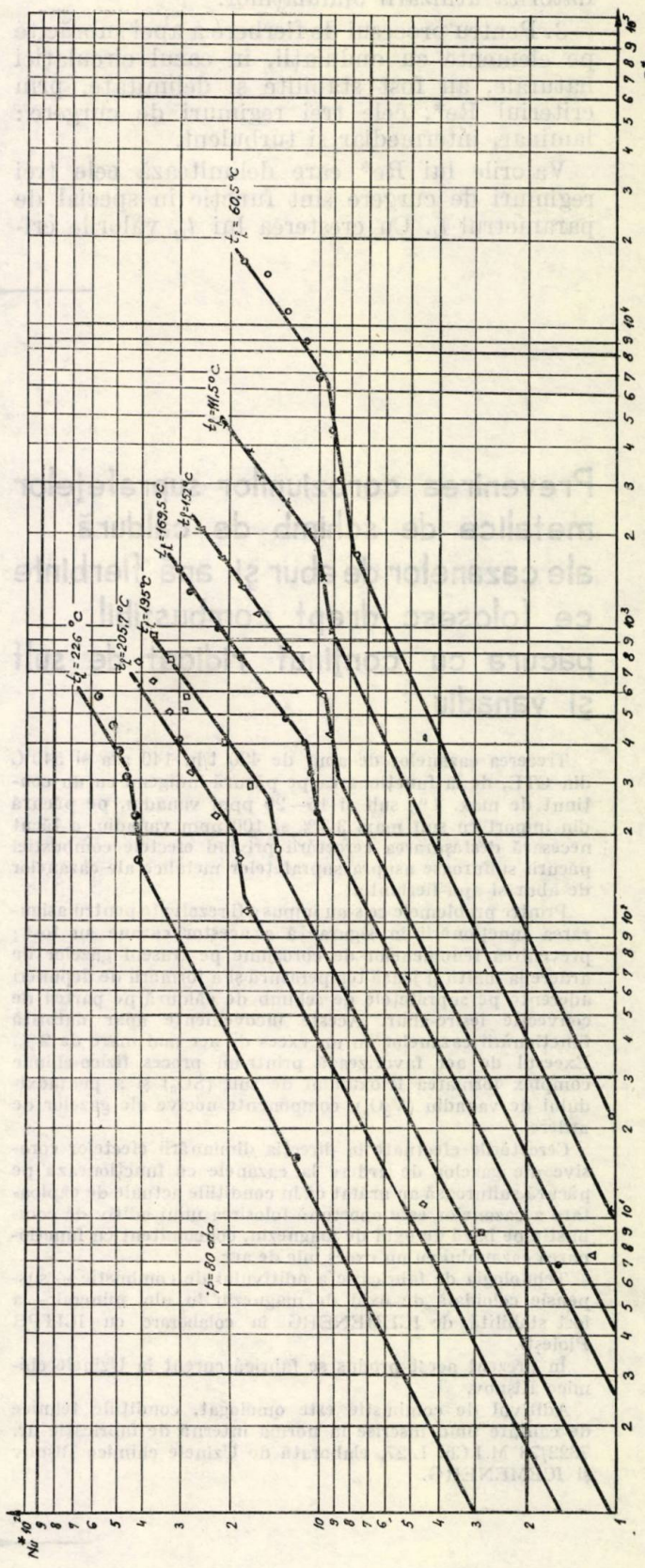


Fig. 10. Dependența dintre criteriile de similitudine Nu* și Re* pentru elemente cu ondulații la $p = 80$ ata.

— creşterea concentraţiei numărului de centri de vaporizare pe suprafaţa elementelor datorită utilizării ondulaţiilor.

3. Pentru procesul de fierbere a apei subrăcite pe elemente cu ondulaţii, în cazul circulaţiei naturale, au fost stabilite şi delimitate, prin criteriul Re*, cele trei regimuri de curgere: laminar, intermediar şi turbulent.

Valorile lui Re* care delimitează cele trei regimuri de curgere sînt funcţie în special de parametrul t_l. Cu creşterea lui t_l, valorile criteriului Re* care delimitează zonele respective scad în general.

Bibliografie

[1] Haiduc, C. Certificat de inventator nr. 60955 din 11 noiembrie 1974.

[2] Haiduc, C., Vinițchi, V., Licsandru, E., Constantinescu, L., Vidican, P. şi Mihai, D. *Cercetări pe modele a transferului de căldură în casete de reactor nuclear cu recirculaţie forţată. Cercetări asupra procesului de fierbere pe elemente de combustibil cu ondulaţii.* Institutul de energetică al Academiei R.S.R., Bucureşti, Memoriu, 1969.

Note tehnice

Prevenirea coroziunilor suprafeţelor metalice de schimb de căldură ale cazanelor de abur şi apă fierbinte ce folosesc drept combustibil păcura cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu

Trecerea cazanelor de abur de 420 t/h, 140 ata şi 540°C din CTE, de la funcţionarea pe păcură indigenă cu un conţinut de max. 1% sulf şi 15—20 ppm vanadiu, pe păcură din import cu sulf max. 3,3% şi 100 ppm vanadiu, a făcut necesară desfăşurarea cercetării privind efectele combustiei păcurii sulfuroase asupra suprafeţelor metalice ale cazanelor de abur şi apă fierbinte.

Printre problemele ce s-au impus a fi rezolvate pentru asigurarea funcţionării în siguranţă a acestor cazane au fost: prevenirea fenomenelor de coroziune pe traseul gazelor de ardere la înaltă şi joasă temperatură şi a formării de depuneri aderente pe suprafeţele de schimb de căldură pe partea de convecţie ieşire-abur. Aceste incoveniente apar datorită funcţionării cazanelor cu un exces de aer mai mare de 2%. Excesul de aer favorizează printr-un proces fizico-chimic complex formarea trioxidului de sulf (SO_3) şi a pentaoxidului de vanadiu (V_2O_5), componente nocive ale gazelor de ardere.

Cercetările efectuate în direcţia diminuării efectelor corosive ale gazelor de ardere la cazanele ce funcţionează pe păcură sulfuroasă au arătat că în condiţiile actuale de exploatare a cazanelor este oportună folosirea unui aditiv de combustie pe bază de oxid de magneziu, concomitent cu funcţionarea cazanului cu un exces mic de aer.

Tehnologia de fabricaţie a aditivului de combustie — suspensie coloidală de oxid de magneziu în ulei mineral — a fost stabilită de ICEMENERG în colaborare cu ICITPR Ploieşti.

În prezent acest produs se fabrică curent la Uzinele chimice Rîşnov.

Aditivul de combustie este omologat, condiţiile tehnice de calitate fiind înscrise în norma internă de fabricaţie nr. 7822/78 M.I.Ch. L.27, elaborată de Uzinele chimice Rîşnov şi ICEMENERG.

Eficienţa aditivului de combustie a fost stabilită în anul 1977 prin experimentări industriale pe cazanul nr. 1 tip TGM de 420 t/h, cu parametrii de funcţionare 570°C şi 140 kgf/cm² de la CET Palas-Constanţa.

Doza de aditiv a fost determinată funcţie de conţinutul de sulf şi vanadiu din păcură, de valoarea excesului de aer şi de gradul de murdărire iniţial al suprafeţelor schimbătoare de căldură.

Pentru verificarea eficacităţii aditivului de combustie românesc la cazanele de abur şi apă fierbinte, s-au făcut experimentări la cazanele de 420 t abur/h, presiune 140 kgf/cm², temperatură 540°C, în cazul funcţionării cazanului în regim mixt păcură-gaze naturale (CET Bucureşti-Sud, CET Brazi); cazanele de 105 t abur/h, temperatură 250°C, presiune 17 kgf/cm² (C. P. Piteşti); cazanele de 120 t abur/h, temperatură 540°C, presiune 100 kgf/cm² (C.C.H. Drobeta-Turnu Severin); cazanele de apă fierbinte de 100 Gcal/h (CET Bucureşti-Sud).

În urma experimentărilor efectuate pe aceste cazane s-a constatat că utilizarea aditivului de combustie pe bază de oxid de magneziu a generat următoarele efecte:

— reducerea coroziunilor sulfurice în proporţie de 50—80% ca urmare a micşorării conţinutului de SO_3 din gazele de ardere cu circa 70% şi a punctului de rouă acid al gazelor de ardere cu circa 25°C, ceea ce conduce la o mărire a duratei de funcţionare a preîncălzitoarelor de aer cu circa 50%;

— reducerea formării depunerilor şi diminuarea coroziunilor de înaltă temperatură cu circa 80%, efect stabilit în urma aspectării cazanelor şi pe baza analizelor chimice şi termodiferenţiale ale probelor de depuneri.

Ca urmare a rezultatelor obţinute s-a trecut la generalizarea aditivului românesc la combustia păcurii sulfuroase la toate tipurile de cazane, ţinînd seama de caracteristicile fiecărui tip, precum şi de caracteristicile schemelor de alimentare cu păcură a cazanelor.

Funcţie de schema de alimentare cu păcură a cazanelor, se folosesc două sisteme de injecţie a aditivului în păcură:

— injecţie prin cădere liberă în conducta de aspiraţie a pompelor de alimentare a cazanelor;

— injecţie cu ajutorul pompelor cu roţi dinţate tip DL. (şi recirculare în rezervorul de amestec aditiv-păcură) în conducta de refulare a pompelor de alimentare tr. I sau conducta de aspiraţie a pompelor tr. II.

Ing. **Petra Dordea**
— ICEMENERG

Posibilităţi de reducere a oxizilor de azot din gazele arse de la termocentrale

În majoritatea ţărilor industrializate, concentraţia maximă admisă de oxizi de azot în atmosferă este precizată de norme de calitate a aerului, uneori specificîndu-se şi numărul maxim de abateri de la normă/an permis.

Astfel, concentraţiile maxime admise pentru oxizii de azot sînt de:

0,05 ppm NO_x — în R.S.R. şi S.U.A.
0,045 ppm NO_x — în U.R.S.S.
0,02 ppm NO_x — în Japonia.

Severitatea acestor norme este explicabilă prin urmările grave ale prezenţei NO_x în atmosferă: formarea de poluanţi secundari (O_3 în special), interacţiuni cu alţi poluanţi primari şi secundari, avînd ca rezultat formarea smogului fotochimic. Apariţia smogului fotochimic are drept consecinţă: reducerea vizibilităţii, sporirea frecvenţei cazurilor de afecţiuni traheopulmonare, la toate grupele de vîrstă, iritarea mucoasei conjunctivale, deteriorarea materialelor (coroziuni ale metalelor, îmbătrînirea cauciucului etc.), reduceri semnificative ale recoltelor agricole etc.

Există două surse majore de poluare a aerului cu NO_x: mobile — motoarele cu ardere internă ale maşinilor — şi staţionare — centralele electrice pe combustibili fosili, cazanele industriale, instalaţiile de încălzire urbană etc.

Reducerea poluării atmosferei cu oxizi de azot de la surse staţionare se poate realiza pe mai multe căi: prevenirea formării acestora în instalaţiile de combustie, folosirea unor tehnologii avansate de ardere (pat fluidizat) sau reducerea oxizilor de azot formaţi înaintea evacuării gazelor arse în atmosferă.

În privinţa reducerii oxizilor de azot din gazele arse, experienţa cea mai bogată o are Japonia, unde şi norma de calitate pentru aerul atmosferic impune concentraţia cea mai redusă a NO_x, 0,02 ppm.

În alte ţări, reducerea emisiei de NO_x de la centralele termoelectrice se gîndeşte şi se realizează mai ales prin perfecţionarea tehnicii de combustie şi prin modificări ale arzătoarelor, deci printr-o formare redusă de NO_x în timpul combustiei, şi nu prin depoluarea gazelor de NO_x-ul deja format.

Asocierea tehnicilor de depoluare a gazelor de ardere cu tehnici perfecţionate de combustie, ce asigură formarea de concentraţii mici de NO_x, este soluţia ideală spre care se tinde pentru limitarea emisiilor de NO_x şi prevenirea poluării atmosferei.

Reducerea conţinutului de oxizi de azot din gazele arse (deci postcombustie) provenind de la centralele termoelectrice ce ard combustibili fosili se poate realiza prin mai multe tehnici:

a) *Scrubbing umed cu var* — metodă clasică pentru îndepărtarea SO_2. Este mai puţin eficace pentru îndepărtarea NO_x; randamentul maxim: 20—30%.

Avantaje: îndepărtarea simultană a SO_2 şi NO_x.

Dezavantaje: cele generale ale acestei tehnici, plus randamentul redus al epurării de NO_x a gazelor arse.

Sînt în funcţiune instalaţii de acest fel (de talie industrială) în: S.U.A., Japonia, Anglia, Italia etc.

b) *Reducerea catalitică selectivă.* Se bazează pe reacţia preferenţială a NH_3 cu NO_x în prezenţa catalizatorilor cu structură de fagure alcătuiţi din amestecuri mici de V_2O_5 şi TiO_2 pe suport ceramic, la temperatura de 320—440°C.

Randamentul optim (reţinere maximă de NO_x cu scăpări minime de NH_3 şi volumul minim de catalizator) = 80%.

Avantaje: randament mare al depoluării de NO_x.

Dezavantaje:

— volum mare al catalizatorului (de ordinul a sute de m^3 pentru o centrală de 100 MW);

— costul catalizatorului este 50% din costul instalaţiei de depoluare;

— viaţa catalizatorului este de 1—3 ani, funcţie de combustibilul ars şi de calitatea gazelor ce urmează a fi depoluate;

— depozitarea catalizatorului uzat cere un spaţiu foarte mare (sute de m^3); nu există încă tehnici acceptabile de recondiţionare a catalizatorului.

Instalaţii de talie industrială utilizînd această tehnică există în Japonia şi S.U.A.

c) *Reducerea necatalitică selectivă* — tehnica Exxon Research Engineering Corp.

NH_3 este injectat simplu pe traseul gazelor arse în zona în care temperatura gazului ars este potrivită, astfel ca reacţia de reducere selectivă să aibă loc în absenţa catalizatorului.

Avantaje: mai ieftină decît cea catalitică, nu necesită catalizator, volum redus al instalaţiei de depoluare.

Dezavantaje: domeniu mic de temperatură în care procesul este activ.

Instalaţii utilizînd tehnica Exxon de talie industrială există numai în S.U.A.

d) *Îndepărtarea simultană a* $NO_x + SO_2$ *prin tehnici uscate*:

— tehnica Foster Wheeler — Bergbau Forschung, utilizînd cărbune activ;

— tehnica cu acceptor de CuO. CuO îndepărtează SO_2 ca $CuSO_4$. $CuO + CuSO_4$ sînt catalizatori pentru reacţia de reducere a NO_x la N_2 şi apă în reacţia cu NH_3.

Instalaţii industriale ce utilizează tehnica Foster Wheeler — Bergbau Forschung există în R.F.G.; tehnica cu acceptor de CuO s-a experimentat în S.U.A.

Tehnicile uscate de depoluare simultană $SO_2 + NO_x$, deşi promiţătoare, nu sînt însă suficient puse la punct pentru a fi competitive cu tehnicile de desulfurare şi de deNO_x-are independente cunoscute.

Chim. **Eleonora Ataman**
— ICEMENERG —

CRONICĂ

Reuniunea Grupei de lucru CIGRE WG 33.01

Paris, 5—8 octombrie 1981

Lucrările Grupei de lucru WG 33.01 s-au desfășurat cu prezentarea unor referate urmate de discuții, privind:

1. Parametrii ce influențează comportarea sistemelor electrice la acțiunea trăsnetului, și anume:
   — Distanța de captare a trăsnetului.
   — Impedanța tranzitorie a prizelor de pământ.
   — Deformarea undelor de supratensiune datorită descărcării corona de impuls.
   — Unde de supratensiune nonstandard.

2. Protecția stațiilor împotriva undelor de supratensiune, cu referire îndeosebi la comportarea liniilor și stațiilor de înaltă tensiune la loviturile directe ale trăsnetului:
   — Determinarea parametrilor de bază privind curentul de trăsnet și caracteristicile geometrice ale liniei de înaltă tensiune.
   — Calculul comparativ al formei undei de supratensiune în cazul căderii trăsnetului pe o linie electrică de înaltă tensiune.
   — Analiza parametrilor ce influențează protecția stațiilor împotriva supratensiunilor atmosferice.

3. Fenomenologia descărcării trăsnetului. Noi rezultate la descărcări electrice lungi de polaritate negativă.

4. Modelul electrogeometric. Corelația dintre distanța de captare și modelul electrogeometric privind zona de protecție a conductoarelor de protecție.

5. Parametrii trăsnetului, și anume:
   a) Indicele izokeraunic și densitatea loviturilor de trăsnet la sol.
   b) Descărcări atmosferice multiple.
   c) Noi date asupra parametrilor trăsnetului.

6. Măsurarea parametrilor trăsnetului:
   a) Măsurarea indicelui keraunic cu contoare.
   b) Probabilitatea de cădere a trăsnetului pe anumite obiecte.
   c) Măsurarea supratensiunilor atmosferice pe linii.
   d) Stații de cercetare a trăsnetului, utilizînd rachete.

7. Comportarea liniilor la supratensiuni atmosferice:
   a) Determinarea prin calcul a supratensiunilor.
   b) Metodele de protecție contra supratensiunilor atmosferice.

8. Protecția stațiilor contra supratensiunilor atmosferice:
   a) Protecția stațiilor în SF_6.
   b) Metodele de protecție contra supratensiunilor atmosferice.

9. Cooperarea internațională:
   a) Cooperarea Grupei de studii WG 33.01 cu Comisia Electrotehnică Internațională.
   b) Cooperarea Grupei de studii WG 33.01 cu Blitzschutzkonferenz.

10. Probleme organizatorice.

Din partea țării noastre au fost prezentate 7 rapoarte, cele mai multe primind aprecieri deosebite.

Lucrările Grupei de lucru au fost conduse de dr. R. Anderson, președintele WG 33.01, iar lucrările lui Task Force 33.01.02 de către A. R. Hileman, responsabil. Au fost prezenți 20 de specialiști.

La lucrările Grupei de lucru 33.01 a participat de asemenea prof. K. H. Schneider, președintele Comitetului de studii 33 CIGRE — Supratensiuni și coordonarea izolației.

În urma discuțiilor s-au stabilit direcțiile de cercetare pe viitor, și anume:

— Trăsnetul și parametrii trăsnetului. Măsurarea parametrilor trăsnetului. Analogia trăsnetului de descărcări electrice lungi de polaritate negativă.

— Comportarea liniilor electrice de înaltă tensiune la acțiunea supratensiunilor atmosferice. Mărimi de referință și metode de calcul.

— Distanța de captare a trăsnetului. Modelul electrogeometric și corelația cu distanța de captare.

— Propagarea undelor de supratensiuni cu deformare. Atenuarea undelor datorită descărcării corona și efectului pelicular.

— Protecția stațiilor împotriva supratensiunilor atmosferice.

Prof. dr. ing. **G. Drăgan,**
membru al Comitetului
de studii 33 CIGRE

Conferința „Iluminatul — economie de energie"

Budapesta, 14—17 septembrie 1981

Sub egida Asociației Electrotehnice Ungare și Comitetului național ungar al Comisiei Internaționale de Iluminat — CIE — între 14 și 17 septembrie 1981 s-a ținut la Budapesta Conferința „Iluminatul — economie de energie".

La conferință au participat delegați din 17 țări, R.S. România fiind reprezentată de doi membri ai Comitetului național român de iluminat, afiliat la Comisia Internațională de Iluminat.

La lucrări au luat parte de asemenea prof. J. B. de Boer, președintele CIE, precum și J. Kossakowski, J. Schanda și J. Svehla, vicepreședinți ai CIE.

Specialiștii prezenți au dezbătut, la un nivel tehnico-științific ridicat, problemele de mare actualitate ale economiei de energie în iluminat, în legătură cu promovarea unui iluminat corespunzător și economic în același timp.

Toate cele 33 de lucrări prezentate au abordat posibilitatea modernizării iluminatului interior și exterior în cele mai diverse domenii, dîndu-se exemple de instalații de iluminat cu performanțe economico-energetice superioare. S-au expus totodată cele mai noi realizări în domeniul surselor de iluminat cu eficacitate luminoasă ridicată, în construcția de corpuri de iluminat cu randamente ridicate, atît pentru instalații interioare cît și pentru instalații de iluminat exterior. Alte lucrări au abordat problemele de design în construcția aparatajului auxiliar de stabilizare a lămpilor cu descărcări, sau au tratat noi posibilități și scheme de reglare a instalațiilor de iluminat interior și exterior.

În cele ce urmează se face o trecere în revistă a problemelor mai importante ridicate de lucrările prezentate la conferință.

În prezentarea sa *„Rolul C.I.E. în dezvoltarea tehnicii iluminatului"*, profesorul de Boer a făcut mai întîi o descriere a structurii Comisiei Internaționale de Iluminat și a subliniat sarcinile comitetelor tehnice ale CIE în promovarea unui iluminat bun și economic, atît în interior cît și în exterior. Făcînd o analiză a posibilităților de economisire a energiei electrice în iluminat, profesorul de Boer s-a axat în linii mari pe Declarația CIE publicată în anul 1973, recomandînd aplicarea celor nouă măsuri de conservare a energiei, fără a sacrifica din beneficiile aduse de iluminat.

Exemplele date au ilustrat felul în care un bun iluminat contribuie la obținerea unor economii indirecte mult mai mari decît consumul suplimentar de energie electrică. Astfel, conform unor statistici recente făcute în Marea Britanie cu privire la relația între condițiile de iluminat și accidentele rutiere, dacă la o luminanță medie $\bar{L}$ de 2 cd/m² se produc 100 de accidente, la o luminanță medie de 1 cd/m² numărul accidentelor crește cu mai mult de 50%, iar la 0,5 cd/m² creșterea este de aproape 100%.

În mod similar stau lucrurile în cazul iluminatului interior în ceea ce privește relația între nivelul de iluminare și productivitate, starea de oboseală a lucrătorilor, calitatea produselor.

Lucru îmbucurător pentru noi, inginerii din tehnica iluminatului, și nu numai pentru noi, este faptul că consumul de energie în iluminat continuă să crească, chiar după scăderea temporară din anul 1973. Faptul dovedește că omenirea este conștientă de beneficiile aduse de iluminat.

Lucrarea profesorului J. Krochmann de la Institutul de tehnica iluminatului din Berlinul de Vest — *„Combinarea iluminatului natural și artificial în interior cu scopul economisirii de energie"* — remarcă o revenire a inginerilor de iluminat la folosirea în interioare a iluminatului natural. Ferestre mai largi și acoperișuri cu luminatoare produc niveluri mai mari de iluminare și reduc consumul de energie în iluminatul artificial, dar permit pătrunderea energiei solare în interior, influențînd puterea necesară pentru condiționarea aerului și pierderile de căldură pe timp de iarnă.

Se arată cum costurile totale ale clădirii și consumul de energie pot fi minimizate prin optimizarea dimensiunilor ferestrelor și luminatoarelor din acoperișuri. Optimizarea, în calculul căreia s-au avut în vedere condițiile medii ale iluminatului natural, iluminatul artificial, puterea electrică pentru condiționarea aerului și pierderile de căldură, se bazează pe un program de calcul minuțios verificat.

Făcînd apel la îmbinarea iluminatului general cu iluminatul local, ca o cale de folosire rațională a energiei în iluminat, autorul a prezentat evaluarea subiectivă a combinării celor două feluri de iluminat. Pentru o iluminare de 1000 lx pe planul de lucru, dacă contribuția iluminării generale este mai mare de 500 lx, iluminatul este considerat bun. Dacă iluminatul general contribuie cu mai puțin de 350 lx, iar iluminatul local cu mai mult de 650 lx, iluminatul este considerat nesatisfăcător. Între aceste două cazuri, iluminatul este considerat corect.

În lucrarea *„Iluminatul și consumul de energie electrică în lume"*, dr. J. Svehla subliniază că consumul mondial de energie prezintă o schimbare semnificativă începînd din 1973, față de concepția anului 1970. Din datele colectate de la o serie de țări anchetate rezultă că eficacitatea sistemelor de iluminat, calculată din consumul anual de electricitate (TWh) pentru iluminat și cantitatea totală de lumină produsă (Tlmh) se situa la nivelul 20 lm/W în 1960, la 35 lm/W în 1980, iar pentru anul 1990 se anticipează o creștere pînă la 40—45 lm/W.

Producția de lumină pe cap de locuitor se situa în 1960 la 4 Mlmh, la 15 Mlmh în 1980, iar în 1990 va atinge probabil 25 Mlmh.

Concluzia cercetării este că consumul de lumină artificială își va continua cursul său ascendent. Perfecționarea continuă a surselor de lumină și schimbarea structurii acestora în exploatare vor determina o creștere mică a consumului de energie în raport cu cantitatea de lumină produsă.

Comunicarea dr. J. Schanda *„Optimizarea iluminatului"* scoate în evidență că un iluminat corespunzător permite realizarea unei productivități mai mari și în același timp face viața mai plăcută. Astfel, iluminatul influențează economia nu într-o formă directă, și de aceea este greu de evaluat consumul de energie și energia economisită prin iluminat. Reducerea iluminatului determină un consum de energie mic, dar scăderea productivității și creșterea gradului de oboseală produc un consum energetic mult mai mare.

În tehnica iluminatului, economia reală de energie se obține prin surse de lumină cu eficacitate luminoasă mai mare, cu corpuri de iluminat avînd distribuția luminoasă adecvată. Prin optimizarea indicatricei corpului de iluminat se poate ajunge la o iluminare efectivă cu 50—100% mai mare decît cu un corp de iluminat cu caracteristici standard. Astfel de indicatrice pot fi stabilite repede astăzi, cu mijloacele de tehnică de calcul disponibile.

Pentru a determina eficacitatea unui sistem automat de reglare a iluminatului asupra consumului de energie, W. G. Julian și P. S. McLean, autorii lucrării *„Utilizarea echipamentului automat de reglare a iluminatului în școli"*, au elaborat un studiu în unele școli existente din Sydney, Australia. Au fost examinate diverse sisteme de reglare și circuite de lămpi, efectuîndu-se o analiză economică atît a costului sistemului de reglare cît și a duratei de recu-

perare a investiției și studiindu-se, totodată, condițiile vizuale în încăpere. Rezultatele au arătat că sistemul de reglare „dimming" poate fi o alternativă economică.

În lucrarea ing. G. Debreczeni *„Soluții de economisire a energiei electrice în iluminatul interior"*, se fac recomandări pentru economisirea energiei electrice ținînd seamă de posibilitățile existente în Ungaria.

Se trec în revistă atît sarcinile proiectantului cu privire la folosirea surselor de lumină cu eficacitate ridicată, a corpurilor de iluminat cu randamente bune și în concordanță cu mediul înconjurător, a sistemelor elastice de comandă, cît și sarcinile exploatării cu privire la întreținere.

Prof. P. Massart, în conferința *„Repercusiunile tehnice ale crizei energetice asupra iluminatului"*, analizează efectele crizei energetice asupra iluminatului public, criticînd soluțiile irațională, care sînt de fapt antieconomice. Se examinează mijloacele tehnice existente pentru a mări randamentul energetic și a micșora costul specific al iluminatului, printre care sursele de lumină, aparatajul de pornire și reglare, corpurile de iluminat și instalațiile de iluminat interior, exterior și public.

Comunicarea ing. W. Bänziger-Meier *„Reglarea lămpilor cu descărcări în gaze"* descrie posibilitatea de reglare continuă între 3 și 100% a fluxului luminos la lămpile cu sodiu de înaltă presiune și lămpile cu mercur de înaltă presiune. Valorile iluminării în unele locuri sînt prea mari. Pe căile rutiere, după miezul nopții, cînd intensitatea traficului se reduce, iluminarea poate fi redusă la 1/3 din valoarea nominală.

Este prezentat un sistem de reglare continuă a fluxului, care nu scurtează durata de viață a lămpilor, ci dimpotrivă. Regulatorul este comandat de o tensiune continuă de 30 V livrată de un aparat de alimentare pentru cîte un grup de lămpi, treapta de reglare fiind stabilită de acest aparat de comandă cu ajutorul unui potențiometru, fotocelulă sau ceas.

Ing. H. Szalay a prezentat lucrarea *„Iluminatul public din Budapesta cu lămpi cu halogenuri metalice și lămpi cu vapori de sodiu de înaltă presiune"*. Economia de energie în iluminatul public trebuie privită cu multă atenție, astfel ca să nu mărim probabilitatea de accidente și să nu influențăm securitatea publică. Economii rezonabile de energie pot fi obținute prin instalații de iluminat public noi cu o bună eficacitate și, respectiv, prin modernizarea celor existente.

Urmînd această cale, în Budapesta au fost proiectate și construite în ultimii ani mai multe instalații dotate cu lămpi cu halogenuri metalice și lămpi cu vapori de sodiu de înaltă presiune de 400 W.

J. Rubeli, în lucrarea *„Eficacitatea economică a iluminatului public"*, plecînd de la ideea aplicării unor niveluri mai mari ale iluminării în iluminatul public, trece în revistă măsurile cele mai tehnice care pot fi aplicate fără ca consumul de energie să crească.

Inginerul de iluminat trebuie să înceapă un proiect prin delimitarea suprafețelor după categoria lucrărilor, sau după intensitatea traficului în cazul iluminatului rutier. Ținînd seama de variația zilnică a duratei lumină-întuneric, instalațiile de iluminat pot fi aprinse și stinse după un program foarte judicios ales, în scopul minimizării consumului de energie.

Autorul lucrării a făcut un bilanț al economiilor ce se pot obține prin aplicarea exigentă a celor mai importante măsuri tehnice, sau, altfel spus, un bilanț al pierderilor ce ar rezulta din neglijarea acestor măsuri.

J. Renaud, de la societatea Eclatec din Nancy, a expus conferința *„Economia de energie în iluminatul public văzută de Franța"*, în care au fost arătate interesante măsuri luate în Franța pentru cointeresarea francezilor în economisirea energiei.

Eforturile sînt dirijate spre încurajarea instalațiilor noi, o grijă mai mare acordată întreținerii, fabricației corpurilor de iluminat și proiectării și pentru introducerea dispozitivelor electronice de comandă și reglare.

Toate aceste soluții sînt examinate de autor, indicîndu-se totodată cîștigul de energie corespunzător.

Se apreciază că programul de energie nucleară va fi în măsură să contribuie la înnoirea instalațiilor de iluminat public din întreaga Franță.

În expunerea sa *„Iluminatul exterior cu lămpi cu descărcări în gaze de înaltă presiune"*, J. Horváth, consilier la fabrica Tungsram din Budapesta, a arătat că, prin varietatea de tipuri și de compoziții spectrale, lămpile cu vapori de sodiu de înaltă presiune și lămpile cu halogenuri metalice pot satisface exigențele oricărei instalații de iluminat. În același timp aceste lămpi au o eficacitate luminoasă mare și aplicarea lor în iluminatul public are sfere tot mai largi.

În încheierea lucrărilor a luat cuvîntul S. Szepessy, secretar general al Asociației electrotehnice ungare.

Ing. **Constantin Irinel,**
membru al Comitetului
Național Român de Iluminat

A 7-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de cercetări științifice și inginerie tehnologică pentru echipamente energetice și mașini de ridicat

A 7-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice a ICSITEEMR a avut loc în perioada 22—24 octombrie 1981. Au fost prezentate 131 de lucrări din cadrul ICSITEEMR, precum și din institute de cercetări și proiectări, institute de învățămînt superior și diferite întreprinderi constructoare de mașini. La lucrările sesiunii au participat un număr mare de specialiști din domeniul cercetării și proiectării echipamentelor energetice, din domeniul energeticii și constructori de echipamente energetice.

Lucrările sesiunii s-au desfășurat în cadrul a șase secții axate pe domeniile de activitate a ICSITEEMR, și anume:

Secția 1 — Energetică generală și industrială, cu 20 lucrări;
Secția 2 — Automatizări, cu 15 lucrări;
Secția 3 — Cazane — instalații de ardere — combustibili — instalații anexe, cu 31 lucrări;
Secția 4 — Turbine cu abur — compresoare — ventilatoare — instalații anexe, cu 19 lucrări;
Secția 5 — Mașini electrice, cu 17 lucrări;
Secția 6 — Surse noi de energie, cu 29 lucrări.

În cadrul secției 1 trebuie remarcate lucrările privind efectuarea bilanțurilor de combustibil și electroenergetice, precum și cercetările privind recuperarea resurselor energetice secundare în întreprinderi constructoare de mașini. Astfel, în lucrarea „Unele aspecte privind gospodărirea combustibilului și energiei în Municipiul București în cincinalul 1976—1980", de dr. ing. M. Elefterescu și ing. St. Kovacs — din cadrul ICSITEEMR — se prezintă o analiză a modului în care este gospodărită energia în București, precum și rezultatele obținute prin aplicarea măsurilor de economisire a energiei. Astfel, în perioada 1976—1980, deși producția industrială a crescut în Municipiul București cu 40%, consumul de energie a rămas practic constant.

În lucrarea „Cercetări privind recuperarea resurselor energetice secundare la unele din marile întreprinderi constructoare de mașini", de dr. ing. Const. Haiduc, din cadrul ICSITEEMR, se prezintă cercetările efectuate în trei întreprinderi constructoare de mașini pe 129 cuptoare industriale, 2 secții de forjă, precum și pentru apa de răcire de potențial termic scăzut de la două secții de compresoare și o secție de tratamente termice. Au fost prezentate schemele de recuperare a căldurii în două trepte adoptate pentru cuptoarele industriale, schemele de recuperare a căldurii din aburul eșapat de la secțiile de forjă, precum și scheme de recuperare a căldurii de potențial termic scăzut cu pompe de căldură. Aceste cercetări conduc la economii de 11 138 t c.c./an și la economii de căldură de 7 227 Gcal/an.

Trebuie remarcate considerațiile prezentate de ing. Paul Goldenberg și dr. ing. Alexandru Pap privind rezultatele obținute de Laboratorul de energetică industrială al ICSITEEMR în zece ani de activitate în domeniul raționalizării consumurilor de energie și combustibili prin elaborarea de bilanțuri energetice și studii de recuperare.

Dintre lucrările prezentate în secția 1 mai menționăm :

— Program de calcul al energiilor corespunzătoare motoarelor asincrone, în cadrul bilanțului electroenergetic, de ing. A. Soci ;

— Model de detectare a erorilor la măsurătorile pentru bilanțuri electroenergetice, de dr. ing. Al. Szmuk ;

— Bilanțul energetic al cuptorului electric prin inducție pentru elaborarea fontelor — schema logică, de ing. E. Mihai ;

— Determinarea fluxului de căldură în regim termic stabilizat printr-un perete plan — schema logică, de ing. D. Manolescu ;

— Concepție generală de organizare a conducerii operative a instalațiilor energetice, de ing. H. Albert și ing. M. Iancu — ISPE ;

— Influența arderii păcurii pulverizate cu abur asupra căldurii utile cedate în cuptoarele de încălzire, de dr. ing. V. Ghia ;

— Influența aburului de pulverizare a păcurii asupra recuperării căldurii gazelor de ardere evacuate din cuptoare, de dr. ing. V. Ghia ;

— Contribuții privind arderea combustibililor lichizi, cu aer preîncălzit la temperaturi înalte, de prof. B. Popa ș.a.

În cadrul lucrării „Cercetări pe modele a procesului de transfer al căldurii la fierberea apei pe elemente de combustibil nuclear prevăzute cu ondulații triunghiulare rotunjite la vîrf și bază" de dr. ing. C. Haiduc, se prezintă rezultatele cercetărilor efectuate pe un nou tip de element de combustibil nuclear, care a fost brevetat.

În lucrarea „Stadiul actual al aplicațiilor terestre ale tuburilor termice și noi perspective de utilizare", de dr. ing. R. Peretz, se dau date privind aplicațiile tuburilor termice pe plan mondial și în țara noastră.

În cadrul secției 2 s-au prezentat o serie de lucrări de mare interes, dintre care menționăm :

— Automate de ardere electronice mixte cu supraveghere multiplă, gama ACI-XXXX, de ing. M. Georgescu ș.a. ;

— Studiul comportării dinamice a ansamblului REH — turbina FIL-150, efectuat pe model electronic, de dr. ing. N. Tătaru, dr. ing. Vl. Răsvan ș.a. ;

— Probleme ale modelării proceselor de reglare automată a turbinelor cu prize, de dr. ing. Vl. Răsvan ;

— Aspecte ale reglării automate a turbinei AKTR-6 în regim insular al CET Danubiana, de dr. ing. Vl. Răsvan ;

— Aspecte ale modelării pe calculator a turbogeneratoarelor, de ing. M. Dogaru ș.a. ;

— Modelarea matematică a funcționării grupurilor turbogeneratoare pentru CNE cu abur saturat în regimuri nenominale, de ing. I. Prisecaru ;

— Reglarea electropneumatică a presiunii aburului la labirinții TA 330 MW, de ing. M. Chiriacescu ;

— Comportarea schimbătoarelor de căldură în regimuri dinamice, de ing. I. Prisecaru ;

— Automatizarea funcționării instalațiilor solare, de ing. M. Ripeanu.

În cadrul secției 3 au fost prezentate un număr mare de lucrări în domeniul proceselor din cazane, din electrofiltre și din domeniul gazeificării ligniților din țara noastră. Dintre aceste lucrări menționăm :

— Analiza posibilităților de funcționare a unui cazan de abur cu focarul ecranat la schimbarea combustibilului de proiect, de prof. ing. M. Postelnicescu ;

— Arderea în strat fluidizat sub presiunea ligniților românești, aspecte tehnice și economice de dr. ing. I. Nistor ș.a. ;

— Evoluția caracteristicilor constructive și funcționale ale gamei de cazane de 1,6—10 Gcal/h și 2—10 t/h, cu ardere în strat fluidizat a ligniților românești, de dr. ing. I. Nistor ș.a. ;

— Aspecte tehnice și matematice privind calculul circulației naturale la sistemele de vaporizatoare cu structuri complexe, de ing. V. Vinițchi ș.a. ;

— Program pentru verificarea regimului de funcționare a unui cazan recuperator de apă fierbinte tip RAF, de prof. dr. ing. C. Ungureanu ;

— Centrale termice echipate cu cazane de ardere a cărbunelui în strat fluidizat, de ing. M. Busuioc ș.a. ;

— Cercetări de ardere a semicocsului de șist bituminos la scară de laborator, de prof. ing. M. Postelnicescu ș.a.

— Aspecte privind influența schimbării indicilor de calitate a cărbunilor asupra funcționării cazanelor de debit mijlociu, de ing. L. Costea, ing. D. Bicleșanu ș.a. ;

— Estimarea elementelor geometrico-constructive și funcționale la proiectarea unei mori de 120 t/h pentru lignit de conf. dr. ing. N. Pănoiu ș.a.

În domeniul proceselor din electrofiltre menționăm lucrările privind influența vitezei de migrație asupra proiectării electrofiltrelor, precum și rezultatele prezentate privind utilizarea acestora în industria metalurgică neferoasă.

Gazeificarea ligniților a ocupat un loc aparte în cadrul secției 3. Dintre lucrările mai importante prezentate din acest domeniu menționăm :

— Aspecte ale folosirii gazelor de gazeificare în scopuri energetice, de ing. V. Anghel ș.a. ;

— Procedee moderne de gazeificare a ligniților din țara noastră, de dr. ing. I. Nistor ș.a.

Tot în cadrul secției 3 mai menționăm lucrările privind piroliza resurselor secundare de polimeri organici și a încălțămintei uzate din cauciuc în scopul reintroducerii în circuitul economic a produselor rezultate prin procedeul pirolizei.

În cadrul secției 4 s-au prezentat un număr mare de lucrări foarte importante pentru dezvoltarea fabricației de turbine cu abur, ventilatoare și suflante în țara noastră. Dintre acestea menționăm :

— Cercetări experimentale și teoretice privind realizarea schemei gazodinamice a turbinei recuperatoare AKP 0,2 cu camere de întoarcere, de ing. D. Andreescu ș.a. ;

— Cercetări experimentale și teoretice privind curgerea prin armături pentru grupuri energetice mari, în vederea realizării lor în concepție proprie, de ing. M. Doncea ș.a. ;

— Calculul de rezistență al unor carcase de suflante cu metoda elementelor finite, de dr. ing. A. Nahlik ș.a. ;

— Echivalența pierderilor de energie hidraulice și aerodinamice, în rețele de profile, de dr. ing. Gh. Hobeanu ;

— Construcția analitică a profilelor de palete, de dr. ing. Gh. Hobeanu.

În cadrul secției 4 mai menționăm lucrările privind paletajul turbomașinilor termice axiale, efectul forțelor de jet ce apar la ruperea conductelor de înaltă presiune, dinamica arborilor turbinelor cu abur, sisteme de reglare a unor CET urbane și CET industriale funcționind și în regim insularizat, creșterea economicității grupului K-200—130 prin trecerea la funcționarea în termoficare, creșterea disponibilității blocurilor energetice de mare putere, comportarea plăcilor din azbociment și a rulourilor rigide din mase plastice în turnurile de răcire, metode de calcul al turnurilor de răcire în contracurent, optimizarea instalației de ulei a turbinelor cu abur de 3—12 MW etc.

În cadrul secției 5 menționăm :

— Cercetările referitoare la zona frontală din turbogeneratoare, de dr. ing. P. Oprișan ș.a. ;

— Măsurarea încălzirilor din rotorul unei mașini sincrone de putere, de dr. ing. D. Costina, ing. P. Curiac ș. a. ;

— Impedanța echivalentă a rotorului masiv al turbogeneratorului la funcționarea în asincron, de ing. D. Popescu ș.a. ;

— Stabilirea mărimilor-plafon ale excitației compensatoarelor sincrone destinate combinatelor metalurgice, de ing. M. Constantinescu ;

— Criomașinile electrice de curent alternativ — o nouă concepție în realizarea unităților de mare putere, de ing. M. Vasiliu ș.a.

Tot în cadrul secției 5 se mai pot menționa lucrările privind rezolvarea problemei de contact perie-colector la alternatoare și generatoare monopolare, organizarea fabricației de perii pentru mașini electrice în R. S. România, variatoare de tensiune continuă cu tiristoare pentru acționarea utilajelor de transport uzinal, sistem modern de distribuție a energiei electrice folosit la instalațiile automate de sudare multipunct etc.

Dintre lucrările mai importante prezentate în cadrul secției 6 amintim :

— Alegerea parametrilor inițiali și finali ai ciclului termodinamic la centralele electrice solare cu cîmp de heliostate și turn, de prof. dr. ing. Carabogdan ș.a. ;

— Stocarea energiei solare sub formă de energie termică, de prof. dr. ing. Gh. Carabogdan ș.a. ;

— Particularități funcționale ale captatoarelor solare pentru încălzit aer, de ing. Th. Ionașek ș.a. ;

— Aplicații ale termotehnicii solare în industrie, de ing. L. Stănoiu ș.a. ;

— Considerații privind influența parametrilor funcționali asupra performanțelor captatoarelor solare plane, de dr. ing. O. Biță ș.a. ;

— Instalație frigorifică solară, de ing. M. Staicovici.

Tot din această serie de lucrări subliniem rezultatele cercetărilor privind : calculul hidraulic al instalațiilor de captare a energiei solare, stații de preparare a apei calde de consum cu ajutorul energiei solare în industrie, cercetările privind colectoarele solare plane, instalație solară de apă industrială pentru tratamentul termic al prefabricatelor din beton, colectoarele solare peliculare industriale și menajere, fiabilitatea colectoarelor solare, utilizarea energiei solare în industria materialelor de construcții, dimensionarea unei centrale electrice solare, centralele electrice și resursele noi de energie, folosirea energiei neconvenționale pentru producerea energiei electrice și căldurii ș.a.

În domeniul pompelor de căldură, de mare importanță pentru țara noastră, putem menționa lucrările :

— Utilizarea pompelor de căldură la instalațiile de preparare a apei calde de consum cu ajutorul energiei solare, de ing. D. Berbecaru ș.a. ;

— Soluții tipizate de stații echipate cu pompe de căldură pentru recuperarea căldurii din apele tehnologice, de ing. R. Grigore ș.a. ;

— Analiza proprietăților termodinamice ale agenților de lucru pentru pompe de căldură cu absorbție, de prof. dr. ing. D. Peretz ș.a.

A fost prezentată de asemenea lucrarea : „Posibilități de utilizare a apelor geotermale pentru încălzire, folosind o centrală termică cu combustibil solid, pentru vîrful de consum în industrie", de ing. I. Burchilă, în care se fundamentează tehnico-economic schemele și regimul de funcționare combinată a celor două surse.

Reflectînd cercetările din cadrul ICSITEEMR în domeniul generatoarelor MHD, în cadrul secției 6 au fost prezentate o serie de lucrări din acest domeniu, dintre care menționăm :

— Programe pentru calculul compoziției și proprietăților termodinamice și de transport ale plasmei omogene, de matem. D. Ionescu și dr. ing. I. Cserveny ;

— Program pentru calculul canalului de conversie de tip Faraday și serie diagonal, de matem. M. Mirea ș.a. ;

— Programul de calcul pentru bilanțurile energetice și de material ale blocurilor energetice cu generatoi MHD, de matem. A. Boiță ș.a. ;

— Calculul distribuției temperaturii într-un electrod cu inserție ceramică, de dr. ing. I. Dogaru ș.a. ;

— Performanțele electrice ale generatoarelor MHD diagonale cu plasmă, de dr. ing. I. Dogaru ș.a. ;

— Arderea directă a combustibilului pentru preîncălzirea la temperaturi înalte a oxidantului necesar camerelor de ardere MHD, de dr. ing. V. Ghia ;

— Calculul distribuției și influența presiunii statice asupra proceselor de ardere a combustibililor gazoși într-un generator MHD, de ing. V. Coandă.

După cum rezultă din cele prezentate mai sus, sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICSITEEMR a reușit să dezbată un număr apreciabil de lucrări de mare importanță pentru dezvoltarea producției actuale și de perspectivă a echipamentelor energetice în R. S. România. Remarcăm de asemenea nivelul științific ridicat al lucrărilor prezentate, importanța practică a problemelor dezbătute, precum și dezbaterile aprinse care au avut loc după prezentarea marii majorități a lucrărilor.

În încheiere, în calitate de organizator al acestei sesiuni, doresc să mulțumesc autorilor lucrărilor prezentate precum și celor care au participat la dezbateri.

Dr. ing. **C. Haiduc**

Manifestări tehnico-științifice

Consfătuire de lucru cu tema: **Influențele reciproce între instalațiile energetice și mediul înconjurător**

Organizator : MEE-ICCE
Data : 1—2 oct. 1981
Locul : CTE Borzești

Titlul referatelor prezentate:

1. Modelarea fizică a dispersiei de gaze în atmosferă deasupra terenurilor cu relief accidentat
2. Locul întreprinderilor termoenergetice între sursele emițătoare de poluanți care influențează starea de sănătate a populației
3. Considerații asupra diferitelor procedee de desuflare la gazele de ardere de la termocentrale
4. Evacuarea în mediul înconjurător a căldurii de condensare din centralele termoelectrice, cu reducerea efectelor negative
5. Determinarea coeficienților de difuzie în stratul limită planetar
6. Controlul analitic al măsurătorilor globale ale aerosolilor radioactivi în jurul unui obiectiv nuclear
7. Studiul comportării aparatajului electric utilizat în instalațiile energetice de pe platforma chimică Rm.Vîlcea, zona CET Govora
8. Instalație automată pentru măsurarea concentrației de praf din atmosferă.
9. Instalație automată pentru urmărirea poluării atmosferice cu SO_2 tip PAS — 2,0

Informații suplimentare se pot obține de la ICEMENERG-COPIC, București, tel. 21.46.30/234, 224.

Consfătuire de lucru cu tema: **Probleme chimice în centralele electrice ale Ministerului Energiei Electrice**

Organizator : MEE-ICCE-CIRE-ICEMENERG
Data : 1—2 oct. 1981
Locul : CTE Borzești

Titlul referatelor prezentate:

1. Probleme actuale ale instalațiilor de pretratare a apei din centralele termoelectrice
2. Indicii chimici optimi ai apei de răcire în centralele termoelectrice
3. Aplicarea procedeului de regenerare în contracurent la schimbătorii de ioni de tip cationit
4. Metode de recondiționare a schimbătorilor de ioni degradați din stația de tratare a apei de la CET Govora
5. Regimul chimic al apei din centralele nucleroelectrice răcite cu apă grea sub presiune
6. Stadiul actual al preocupărilor privind producerea gazului de gazogen în vederea utilizării sale în scopuri energetice
7. Metode de determinare a măcinabilității cărbunilor inferiori
8. Încercări de laborator asupra conținutului mineral și stabilirea influenței acestuia asupra conținutului caloric
9. Depozitele de cenușă și zgură ale centralelor termoelectrice — surse potențiale de combustibil
10. Caracterizarea depozitelor de zgură și cenușă de termocentrală cu conținut caloric remanent în vederea rearderii în cazanele de abur
11. Instalația de aditivare a păcurii sulfuroase de la CET Pitești
12. Unele aspecte privind arderea gazelor reziduale — gaz de furnal și de cocs în CET Galați
13. Rezultatele experimentale privind îmbunătățirea fiabilității uleiurilor electroizolante din trafo de distribuție
14. Determinarea compoziției gazelor dizolvate în ulei electroizolant, o metodă modernă de semnalare și diagnosticare a defectelor în transformatoarele din exploatare
15. Aspecte noi în valorificarea unor compuși rezultați din combustie. Recuperarea vanadiului din depunerile rezultate la arderea păcurii
16. Metoda electrofiltre pentru evaluarea acțiunii corosive asupra oțelurilor, a soluțiilor utilizate la curățirea chimică a cazanelor de abur
17. Cercetări pentru stabilirea protecției realizate prin zincare termică aplicată pe piese din OL și fontă folosite la stîlpii de susținere LEA
18. Măsuri de protecție anticorosivă a aparatajului electric destinat să funcționeze în zone cu agresivități chimice
19. Metode de pasivare a suprafețelor metalice active din construcția transformatoarelor de mare putere și înaltă tensiune
20. Procedee moderne de corectare a apei de alimentare a cazanelor cu tambur de înaltă presiune din CTE
21. Eficiența economică a investițiilor în instalațiile de tratare chimică a apei.
22. Date de exploatare și încercări de laborator privind instalația de pretratare la IE Borzești

Informații suplimentare se pot obține de la ICEMENERG—COPIC București, tel. 21.46.30/234, 224

Simpozionul rețelelor electrice

Organizator : MEE-CIRE
Data : 7—9 oct. 1981
Locul : Iași

Lucrările simpozionului s-au desfășurat în cadrul a trei secții:

Secția I — Concepții noi privind dezvoltarea rețelelor electrice de transport și distribuție

Secția II — Preocupări pe linia exploatării și întreținerii rețelelor electrice, a automatizărilor, protecțiilor și instalațiilor de transmisie

Secția III — Soluții de economisire a energiei electrice în transportul și distribuția energiei electrice

Informații suplimentare se pot obține la CIRE, tel. 13.26.20

Consfătuire științifică cu tema: **Perfecționarea sistemului informațional statistic în lumina obiectivelor stabilite prin planul național unic de dezvoltare economico-socială a României, în perioada 1981—1985**

Organizator : Direcția centrală de statistică
Data : 28 oct. 1981
Locul : București — Direcția centrală de statistică

Lucrările consfătuirii s-au desfășurat în cadrul a 4 secții:

Secția I — Perfecționarea sistemului informațional statistic privind dezvoltarea și eficiența utilizării bazei de materii prime, a resurselor energetice și a producției agricole

Secția II — Metode de analiză și prognoză a dezvoltării intensive și eficiente a economiei naționale și a unităților teritorial-administrative

Secția III — Perfecționarea statisticii nivelului de trai al populației și posibilități de integrare a statisticii economice și sociale

Secția IV — Perfecționarea metodelor și tehnicilor de culegere, prelucrare și stocare a informațiilor pe suport magnetic și analiză a datelor statistice

Informații suplimentare se pot obține de la Direcția Centrală de Statistică, Str. Stavropoleos nr. 6, sector 3, București, cod. 7000

A XV-a Conferință de instalații cu tema : **Utilizarea energiilor neconvenționale în instalațiile pentru construcții**

Organizator : CNIT — ICCPDC — IGSIC — ICB
Data : 5—7 nov. 1981
Locul : Sinaia

Lucrările conferinței s-au desfășurat în cadrul a 2 secții :
Secția I — Instalații de încălzire, ventilare și sanitare
Secția II — Instalații electrice de iluminat și automatizare

Informații suplimentare se pot obține la CNIT — București, tel. 59.41.60.

Al VI-lea Simpozion cu tema : **Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice**

Organizator : CNIT — MEE — ICCE — ISPE — ICEMENERG — IE-Bistrița — IRE-Bacău și Consiliul Județean al Sindicatelor din jud. Neamț
Data : 2—4 dec. 1981
Locul : Piatra-Neamț

Comunicările au fost prezentate în cadrul următoarelor secții :
Secția I — Metode și procedee de calcul privind siguranța în funcționare.
Secția II — Analiza gradului de siguranță obținut în cazul unor scheme concrete.
Secția III — Influența modului de realizare și exploatare a instalațiilor asupra siguranței în funcționare. Soluții tehnice aplicate pentru mărirea siguranței în funcționare.

Informații suplimentare se pot obține la ISPE, tel. 12.19.70/260.

A IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S.R. cu tema : **Reducerea consumurilor energetice în instalațiile de producere, transport și consum al energiei termice**

Organizator : CNIT — Comisia de termoenergetică
Data : 3—5 dec. 1981
Locul : Brașov

Lucrările s-au desfășurat în cadrul a trei secții, și anume :
Secția I — Reducerea consumului de energie în instalațiile termoenergetice industriale.
Secția II — Căi și mijloace de reducere a consumurilor de energie termică
Secția III — Surse noi și reînnoibile de energie

Informații suplimentare se pot obține la ISPE, tel. 12.72.76

Recenzii

VAJDA GYÖRGY. **Energetica** (în limba maghiară). Vol. I. **Probleme generale. Purtători primari de energie**. Editura Academiei, Budapesta, 1981.

A scrie un tratat de energetică, așa cum și-a propus autorul cărții, reprezintă o intenție temerară și relativ rară, datorită caracterului profund interdisciplinar, deseori inedit și aprig controversat al problemelor abordate. De fapt, disciplina tehnică care a intrat în limbajul specialiștilor sub denumirea de „energetică" reprezintă mai mult decît sinpla juxtapunere a unor cunoștințe din mai multe discipline ale științelor tehnice și social-politice ca : fizica, chimia, sociologia, geologia, mineritul etc. Unul dintre meritele autorului cărții constă în „aducerea la numitor comun" a acestor cunoștințe și traducerea lor într-un limbaj energetic, pentru a reduce la minimum divergențele de păreri și confuziile datorate interpretărilor și prezentărilor diferite ale termenilor, respectiv problemelor energetice cu largi implicații nu numai tehnice, ci și economice sau politice.

Această operație este efectuată cu elemente originale, autorul fiind deseori tentat să expună concepțiile sale în diferite probleme energetice, care sînt marcate de propria sa personalitate. Autorul își justifică interpretările proprii prin influența factorilor externi și interni aflați într-o schimbare rapidă prin apariția pe plan mondial a unor evenimente conjuncturale. Prin aceasta, valoarea lucrării este crescută, cititorul-energetician fiind interesat de modul personal de tratare.

Primul volum al cărții, care face obiectul acestei recenzii, se ocupă de noțiunile fundamentale ale gospodăririi energiei, aspectele economice ale energeticii și cercul larg al problemelor purtătorilor primari de energie.

Cel de-al doilea volum, în curs de apariție, va cuprinde problemele purtătorilor secundari de energie și domeniul exigențelor care se pun la consumarea energiei.

În *primul capitol* se definesc și se explicitează noțiunile de bază legate de gospodărirea energiei, ca de exemplu : surse și forme diferite de manifestare a energiei în natură ; diferitele moduri de conversie directă și indirectă a energiei ; purtători primari și secundari ai energiei ; randamentul și eficiența economică (de exemplu consumuri specifice) a proceselor energetice ; bilanțuri energetice, diagrame de producție și consum de energie ; curbe de sarcină ; modalități de conservare a energiei etc.

Capitolul al doilea al lucrării se ocupă de aspectele economice ale activității energetice, ca, de exemplu : consumuri specifice ; tarife ; costuri ; durata de recuperare a investițiilor ; rolul energeticii în activitatea economică ; planificarea de perspectivă a consumurilor de energie în cadrul economiei naționale (metoda de calcul „trend", metoda econometrică etc.) ; politica energetică ; politica cercetării științifice în energetică.

În cel *de-al treilea capitol* se analizează purtătorii primari de energie (surse primare de energie) și situația lor pe plan mondial, care a creat în ultimii ani tensiuni de natură politică și economică între state (criza energetică). Tot în acest capitol se descriu diferitele moduri de ardere a combustibililor, proprietățile fizico-chimice și tehnologice. Se au în vedere operațiile tehnologice de preparare și prelucrare a combustibililor din centralele electrice — cărbunii (metodele de gazeificare), țițeiul, gazul natural etc. Un subcapitol important se ocupă de energia nucleară, de fisiune și de fuziune, precum și de energia geotermală (R.P.U. dispune de resurse importante în acest domeniu). Tot în acest capitol de bază al cărții se analizează sursele noi și regenerabile de energie, cum sînt : energia solară, energia vîntului, energia hidraulică și altele.

În *ultimul* (cel de-al patrulea) *capitol* al cărții sînt examinate problemele legate de protecția mediului ambiant, printre care : noxele care rezultă la producerea și la procesele consumatoare de energie, securitatea nucleară (protecția împotriva radiațiilor) etc.

Anexa 1 a volumului redă principalele relații energetice între mărimi fizice ca, de exemplu : puterea, energia (în sisteme cu stări solide, lichide și gazoase), pierderi de energie, căldură, energie internă, entalpie, entropie, variațiile principale de stare, relațiile principale ale termodinamicii, cicluri, relațiile principale ale electrotehnicii, ale fizicii nucleare, prezentate într-o formă originală.

Anexa 2 conține tabele și diagrame comparative ale purtătorilor principali de energie, redînd ordinul de mărime al caracteristicilor principale energetice.

În prezent, problemele energetice se află în centrul atenției atît a specialiștilor, cît și a conducerii politice a țărilor. Problemele, prezentate într-o manieră interesantă și originală de autorul cărții, prezintă interes deosebit și pentru energeticienii din țara noastră la elaborarea politicii energetice de perspectivă a României. Examinarea profundă și atot-

cuprinzătoare a condiționărilor reciproce dintre economia națională, pe de o parte, și energetică, pe de altă parte, analizele critice ale concepțiilor vehiculate pe plan mondial și propunerile concrete ale autorului cu privire la dirijarea cercetării științifice în perioada de perspectivă în domeniul energetic pot servi și energeticienilor români. Iată de ce cred că merită examinată posibilitatea și oportunitatea traducerii și editării cărții de către Editura Academiei R.S.R. sau de către Editura tehnică.

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**

DUMITRU MANEA. **Pompa de căldură.** Editura tehnică, București 1981, 136 p. 52 fig., 8 tabele, 42 ref. bibl.

Decalajele manifestate în ultimul deceniu pe piața internațională a combustibilului primar în ceea ce privește cererea și oferta principalilor purtători primari de energie, constrîngerile impuse de efortul de protejare a mediului natural și tendința mereu crescîndă de reducere a investițiilor în construirea de noi obiective energetice au determinat elaborarea de noi concepte asupra utilizării, cu randamente sporite, a combustibililor și tuturor formelor de energie utilă. În căutarea unor strategii energetice viabile pentru viitorul dezvoltării economice și sociale a societății, conservarea energiei — ca parte integrantă a programelor energetice naționale — se detașează ca un ansamblu de măsuri tehnico-organizatorice pe termen scurt, mediu și lung, avînd în vedere soluții cu caracter tehnic și social.

Este cunoscut faptul că circa 50% din consumul actual de energie se datorează proceselor de joasă temperatură, cum ar fi procesele de încălzire, procesele industriale de uscare etc., care au un randament de utilizare a energiei foarte scăzut. Pentru lărgirea sferei de valorificare a resurselor de căldură de potențial termic scăzut, instalațiile de pompe de căldură au revenit în centrul atenției publice, în ultimii ani obținîndu-se progrese remarcabile în acest domeniu.

Lucrarea recenzată se constituie într-un răspuns firesc al cercetătorilor români la problemele majore ale energeticii contemporane, venind să acopere un gol în literatura noastră tehnică de specialitate. Deși restrînsă ca volum, lucrarea are meritul ca în cele peste o sută de pagini să prezinte cititorului principiile teoretice de funcționare a acestor agregate, modul de calcul al eficienței exergetice drept criteriu de apreciere a perfecțiunii termodinamice a proceselor de lucru ale unei pompe de căldură, domeniile de utilizare a pompelor de căldură atît în aplicații industriale cît și în sectorul casnic-edilitar, precum și principalele elemente constructive ale acestor instalații.

Inteligent structurată în cele cinci capitole, a căror legătură și continuitate dovedesc probitatea profesională a autorului, cît și intenția de a oferi cititorilor un material de referință bine închegat și documentat, lucrarea se parcurge ușor, textul fiind completat și susținut de numeroase figuri și tabele sintetice comparative.

Ținînd seama de faptul că sistemele convenționale de încălzire utilizează în principal combustibili superiori, cum sînt gazele naturale sau produsele petroliere, capitolele 2 și 3 tratează pe larg problematica utilizării acestor agregate în sectoarele casnic-edilitar și industrial. Se remarcă astfel elementele de studiu comparativ energetic și exergetic privitor la poziția sistemelor de încălzire cu pompă de căldură față de alte sisteme de încălzire, clasice, subliniindu-se că, pe lîngă calculele tehnico-economice obișnuite, alegerea sistemelor utilizînd pompe de căldură implică o serie de alți factori, ca, de exemplu: flexibilitatea — adaptarea la un alt tip de combustibil; compatibilitatea — integrarea în sistemele existente; sensibilitatea — economicitatea la variația prețului energiei; fiabilitatea și eficiența.

Prezentînd în capitolul 1 o clasificare a pompelor de căldură funcție de: energia sursei de căldură, modul de lucru, mediul de distribuire a căldurii, modul de distribuire a căldurii, lucrarea se continuă în cap. 2 cu detalii de principiu și constructive ale pompelor de căldură tip aer-aer, aer-apă și apă-aer, apă-apă, fiind făcute exemplificări pentru cazuri concrete din sectorul casnic-edilitar (cap. 2) sau industrial (cap. 3). Un loc aparte este rezervat soluțiilor mixte: folosirea energiei solare ca sursă primară de încălzire într-un sistem de pompă de căldură — acest mod de gîndire tehnică ducînd la creșterea randamentului de utilizare a energiei solare în instalații cu captatoare solare plane.

Pentru sectorul industrial, pompa de căldură reprezintă o tehnică modernă, nepoluantă, ușor de exploatat și sigură, cu evident interes practic în operațiile de transfer de căldură, curente în industrie: uscare, evaporare, distilare, concentrare etc. Sînt discutate multiple aplicații posibile ale agregatelor de pompe de căldură în industria prelucrării lemnului, industria pielăriei sau a materialelor ceramice de construcție, industria alimentară, industria chimică și petrochimică, platformele siderurgice etc.

Sectorul agro-zootehnic, cu o dezvoltare importantă în ultimele decenii, a devenit de asemenea unul dintre principalii consumatori de energie, cu o pondere semnificativă în balanțele energetice naționale. Sector cu preponderente aplicații la joasă temperatură, este în același timp un principal teren pentru implementarea cu succes a pompelor de căldură de toate tipurile, realizările obținute pînă în prezent fiind încurajatoare.

Așa se cum arată în ultimul capitol al lucrării, în toate domeniile de activitate există cazuri în care ideile se impun în mod exploziv, revoluționînd toate cunoștințele anterioare din domeniul respectiv, noul și vechiul coexistă și se concurează, trăind fiecare prin calitățile tehnice și avantajele economice pe care le oferă celor interesați.

Apariția în țara noastră a pompelor de căldură — și subliniem aici meritul lucrării de a fi prezentat, pe larg, principalele aplicații, la zi, în diferite sectoare ale economiei R.S. România — constituie o dovadă în plus în sprijinul măsurilor ferme întreprinse în politica energetică a statului nostru pentru conservarea energiei.

Deși scopul lucrării a constat, în esență, în prezentarea problemelor de ansamblu implicate de utilizarea sistemelor de pompe de căldură, nu putem să trecem cu vederea un aspect netratat în lucrare, și anume acela al elementelor de proiectare a acestor sisteme. De asemenea, apare necesară o prezentare în detaliu a agregatelor de concepție și fabricație românească. Evident, acest lucru presupunea un spațiu editorial mai amplu. Este un motiv în plus, atît pentru autor cît și pentru editură, de a răspunde în viitorul apropiat acestui deziderat de stringentă actualitate.

Ing. **Marius M. Dăncilă**

Publicații recente

C. DINCULESCU ș.a. **Istoria energeticii și electrotehnicii în România.** Vol. 1. **Electrificarea României. De la primele începuturi pînă în anul 1950.** Editura tehnică, București, 1981, 592 p.

Elaborată de un grup de ingineri și tehnicieni care au lucrat multe decenii la proiectarea, construcția și exploatarea de instalații pentru electrificare, lucrarea își propune să prezinte, într-un prim volum, istoria electrificării României de la primele începuturi pînă în anul 1950. Materialul reprezintă o oglindă a trecutului istoric al tehnicii românești în domeniul electrificării și fixează poziția României pe plan mondial față de aceste probleme, constituind o documentație de ansamblu menită să servească drept învățătură și îndemn pentru noile generații de ingineri. Folosind materiale de arhivă (multe dintre ele unicate), publicații, informații, documentații pe teren, precum și cunoștințele și experiența personală a autorilor, lucrarea reconstituie primele începuturi în domeniul electrificării și principalele momente ale dezvoltării acesteia pînă în anul 1950, cînd s-a întocmit primul Plan de electrificare și folosirea apelor din România pe intervalul 1951—1960.

Materialul este structurat pe teritoriul actual al țării și pe actuala împărțire administrativă pe județe, arătînd evoluția instalațiilor electrice, a tipurilor constructive, a formelor organizatorice ale întreprinderilor producătoare și distribuitoare de energie electrică și a legislației cu privire la energia electrică.

Un capitol aparte este rezervat prezentării dezvoltării începuturilor învățămîntului de electrotehnică și pregătirii cadrelor necesare electrificării, instituțiilor, organizațiilor tehnico-științifice, asociațiilor profesionale, studiilor și cercetărilor de energie. Lucrarea se încheie cu scurte biografii privind oameni de știință, academicieni, profesori, ingineri, tehnicieni, mecanici, electricieni care au adus o contribuție de seamă la dezvoltarea energeticii, electrificării, învățămîntului de specialitate în România pînă în anul 1950.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 4/1981, p. 66)

V. NITU. **Economia energeticii**. Vol. I și II. Editura tehnică, București, 240 p. +288 p.

Lucrarea prezintă principalele probleme actuale ale energeticii și indică căile și mijloacele de economisire a energiei în cele mai variate domenii de activitate, punînd în lumină soluțiile specifice condițiilor prezente și de perspectivă din țara noastră. În afara problemelor specifice economiei de energie, lucrarea tratează și numeroase aspecte complementare, cum sînt: situația resurselor energetice pe plan mondial și din țara noastră, repartiția geografică a resurselor energetice și influența acesteia asupra dezvoltării economiei naționale, tehnologiile noi de producere și transport al energiei, instalațiile energetice și mediul înconjurător, prognoza consumului de energie ș.a.

Volumul I al cărții cuprinde următoarele capitole: Economia de energie — obiectiv major al etapei actuale; Bilanțurile energetice; Determinarea consumurilor specifice de energie; Sisteme de energie în etapa actuală și tendințele de viitor; Metodologia calculelor economice în energetică, calculul costurilor în energetică; Oportunitate și căile de fundamentare a utilizării energiei în industrie.

În volumul II sînt cuprinse următoarele capitole: Calculul costurilor în energetică; Oportunitatea și căile de fundamentare a utilizării energiei, în industrie; Utilizarea energiei în domeniul casnic și edilitar; Optimizarea nivelului de izolație la clădiri; Prognoza consumului de energie; Situația energetică mondială; Optimizarea sistemelor și subsistemelor energetice; Instalațiile energetice și mediul înconjurător; Tehnologii noi în producerea și transportul energiei; Transferul de tehnologii și cooperarea internațională în energetică; Politici energetice.

Lucrarea se adresează unui cerc larg de specialiști din domeniul economic, inginerilor și tehnicienilor energeticieni, precum și studenților din învățămîntul tehnic superior.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 4/1981, p. 66—67)

N. LEONĂCHESCU. **Transferul căldurii între construcții și sol**. Editura tehnică, București, 1981, 288 p.

În lucrare se studiază procesele de transfer de căldură între construcții și solul adiacent. Problemele sînt tratate în regim staționar, considerîndu-se că nu există izvoare interioare de căldură.

Construcțiile studiate sînt clasificate în trei categorii: construcții cu pardoseala la nivelul solului, construcții parțial îngropate și construcții total îngropate.

Lucrarea cuprinde exemple de calcul, date numerice, nomograme și anexe care pot servi în calculele de proiectare. Ea se adresează deopotrivă cercetătorilor din domeniul termocineticii, studenților și specialiștilor din construcții, proiectanților și inginerilor care lucrează în termotehnica construcțiilor și a instalațiilor de microclimă.

(Din catalogul „Cărți în curs de apariție", Centrala editorială, București, nr. 4/1981, p. 69)

Din sumarul revistelor

JAUMOTTE L. ANDRE — Centrale electrice de termoficare ce necesită cantități reduse de apă. (Elektrownie cieplne zuzywajace mniej wody). Energetyka, 35, nr. 2, 1981, p. 47—52.

SHANE LEO — Alimentarea economică a cazanelor prin intermediul tehnicii cu cost sporit (Economic loading of boilers by incremental cost techniques). Power Engineering, 85, nr. 3, mart. 1981, p. 65—67.

BENNETT, S. B. și BANNISTER, R. L. — Un pas înainte în folosirea centralelor electrice bazate pe cărbune pulverizat (Time for the next step in pulverized coal power plants). Power Engineering, 85, nr. 5, mai 1981, p. 60—63.

MAHR DANIEL — Amestecul cărbunelui la centralele electrice (Coal blending at power plants). Power Engineering, 85, nr. 6, iun. 1981, p. 86—89.

CHATELAIN CHRISTIAN ș.a. — Producția combinată căldură-putere în industrie (Production combinée chaleur-force dans l'industrie). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 7—8, 1980, p. 533—543.

* * * Încercări de transport al cărbunelui cocsificabil prin conducte (Untersuchungen zum Transportverhalten von Kokskohle in Pipelines). 3R International, 20, nr. 6—7, iun.-iul., 1981; p. 313—317.

KREMER, H. și SCHMITZ, G. — Studii de recuperare a căldurii în arzătoare industriale cu recuperator integrat. (Partea I). (Untersuchung der Wärmerückgewinnung an industriellen Gasbrennem mit intergiertem Rekuperator Teil). Gas-Wärme International, 30, nr. 6, iun. 1981, p. 289—294.

MAUJEAN JEAN MARIE — Reglare numerică a unui cazan de centrală termică (Régulation numérique d'une chaudière de centrale thermique). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 12, dec. 1980, p. 817—824.

ZAREBSKA LUCYNA — Optimizarea tensiunii dintr-o rețea de transport cu ajutorul datelor incerte introduse în calculator (Optymalizacja napiec w sieci przesylowej przy niepewnych danych wejseiowych). Energetyka, 35, nr. 3, 1981, p. 115—118.

ARNALDO SPENA — Programarea, controlul și optimizarea puterii ce poate fi absorbită de o rețea electrică (Programmazione, controllo e optimizzatione della potenza assorbibile da una ret elettrica). L'Elettrotecnica, 63, nr. 5, mai 1981, p. 379—393.

FIEDLER, H. — Exemple de folosire a neutrului în proiectele rețelelor de m.t. (Beispiele einer optimalen Sternpunktbehandlung in vorgegebenen Mittelspannungsnetzen). Elektrie, 34, nr. 8, aug. 1980, p. 405—409.

VIALE FERNAND și CRIQUI MICHEL — Tendințe noi în tehnologia condensatoarelor de putere (Tendances nouvelles dans la technologie des condensateurs de puissance). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 12, 1980, p. 793—803.

FRAK, M. — Transformarea liniilor aeriene de 40 kV în linii de 125 kV (Transformation de lignes aeriennes de 40 a 125 kV). Bulletin ASE, 21, nr. 20, 18 oct. 18 oct. 1980, p. 1085—1090.

PERSOZ HENRI — Metode de control în domeniul dezvoltării liniilor electrice de transport (Comment maîtriser le développement des lignes de transport de l'énergie électrique). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 7—8, 1980, p. 503—518.

BARBIER CLAUDINE și BARRET JEAN-PAUL — Analiza unor fenomene de cădere de tensiune într-o rețea de transport (Analyse des phenomènes d'écroulement de tension sur un réseau de transport). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 10, 1980, p. 672—690.

MAHLER, H. W. și KLOSE, R. — Transportul materialelor solide la mare distanță prin conducte (Feststofforderung mit Fernleitungen). BWK, 33, nr. 6, iun. 1981, p. 269—273.

DUVAL LAUNIER — Pompa de căldură care modernizează cazanul (Pompes à chaleur). Le Moniteur, Franța, nr. 379, apr. 1981, p. 34.

URBAIN JEAN-PIERRE — Utilizarea măsurării ca mijloc de studiu și de cercetare (L'utilisation de la mesure comme moyen d'étude et de recherche). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 12, 1980, p. 825—828.

MAUJEAN JEAN-MARIE — Reglarea numerică a unui cazan de centrală termică (Régulation numérique d'une chaudière de centrale thermique). Revue Générale de l'Electricité, 89, nr. 12, dec. 1980, p. 817—824.

DONATO, V. și BANNISTER, R. L. — Măsurarea vibrațiilor paletelor turbinelor mari de abur cu presiune scăzută (Measuring blade vibration of large low-pressure steam turbines). Power Engineering, 85, nr. 3, mart. 1981, p. 68—71.

PASCU, R. și PASCU MIHAELA — Defectele de sudare — cauze certe ale unor avarii de structură sudate. Metalurgia, 33, nr. 3, 1981, p. 119—125.

BEHRENS, F. K. și RENZ, H. — Metode noi pentru repunerea în funcțiune a instalațiilor electrice deteriorate (Neue Wege zur Sanierung beschadigter elektronischer Anlagen). Der Maschinenschaden, 54, nr. 3, 1981, p. 77—86.

SERWOTKA JAN — Criterii de localizare a avariilor din secțiunile rețelei electrice și restabilirea alimentării în rețelele urbane de medie tensiune (Kryteria lokalizacji uskodzonego odcinka i przywrocenia zasilania w miejskich sieciach sredniego napiccia) Energetyka, 35, nr. 2, 1981, p. 55—57.

REICHELT, W. și FRANZEN, H. — Recuperarea căldurii în cuptoarele electrice metalurgice (Energierückgewinnung an elektrometallurgischen Ofen). Elektrowärme International, 39, nr. 3, iun. 1981, p. 132—137.

FERAUD-BLANC, P. — Comparație termodinamică între diferitele moduri de concentrare a soluțiilor — Economiile de energie ce pot fi realizate (Comparaison thermodynamique de différents modes de concentration de solutions — Economies d'énergie possibles). E.D.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 7—16.

L'HERMITTE, J. și CHEVALIER, P. — Ciclul Brayton și pompele de căldură. Dezvoltarea unui sistem de uscare (Cycle de Brayton et pompes à chaleur. Développement d'un système de séchage). E.D.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches. Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 17—20.

LE GOFF, R. ș.a. — Aplicarea în industrie a pompelor de căldură în procesele de uscare și concentrare (Application industrielle des pompes à chaleur ou sechage et à la concentration). E.D.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches. Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 21—32.

DEGUEURCE, B. și TERSIGUEL, C. — Testarea și dezvoltarea unui compresor cu piston lubrifiat pentru pompa de căldură cu temperatură de condensare de 120°C (Etude et mise au point d'un compresseur à piston lubrifié pouvant équiper une pompe à chaleur à température de condensateur de 120°C). E.d.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 33—38.

LAROCHE, G. — Probarea lubrifianților utilizați la pompele de căldură care funcționează la temperaturi înalte (Essais de lubrifiants pour pompes à chaleur haute température). E.d.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 39—44.

GAUTHIER, R. ș.a. — Uscarea blocurilor din plastic prin întrebuințarea pompei de căldură (Séchage de carreaux de plâtre par pompe à chaleur). E.d.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches. Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 45—48.

MÜLLER, L. — Distilarea și recompresia mecanică a aburului. Optimizarea tehnico-economică (Distillation et recompréssion mécanique de vapeur. Optimisation technique-économique). E.d.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches. Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 49—54.

FLEURY, M. — Problemele de zgomot care apar la pompele de căldură (Problèmes de bruit posés par les pompes à chaleur). E.d.F. Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches. Série A, Nucléaire, Hydraulique, Thermique, nr. 1, 1981, p. 55—59.

Condiţii pentru prezentarea articolelor la revista „Energetica"

1. Articolul să aibă maximum 12 pagini — excepţional 15 pagini — de 2000 semne (format DIN A4, la 2 rînduri).

2. Textul articolului se dactilografiază pe o singură faţă a hîrtiei ; formulele se scriu clar cu simboluri STAS, se numerotează şi se înscriu între paranteze rotunde ; indicaţiile bibliografice se înscriu între paranteze drepte.

3. Figurile se prezintă în tuş pe calc şi o copie xerox ; figurile foto trebuie să fie clare şi cu contrast pronunţat.

4. În textul articolului se indică locul tabelelor şi figurilor.

5. Bibliografia se prezintă în conformitate cu STAS :

— Pentru cărţi : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul cărţii (la cele străine, titlul în original), editura, oraşul, anul.

— Pentru articole : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul (la cele străine, titlul în original), titlul periodicului, tomul, anul, pagina.

6. Tabelele, borderourile figurilor şi bibliografia se dactilografiază pe foi separate.

7. Titlul şi textul articolului trebuie să fie clare şi concise.

8. Articolul trebuie să fie sistematizat ; este obligatorie folosirea de subtitluri cu defalcări chiar pînă la ordinul al treilea ; pentru numerotare se va folosi sistemul zecimal (cifre arabe).

9. Articolul se prezintă în conformitate cu următoarea schemă principială : *introducere* (problematica, oportunitatea articolului), *analiză bibliografică* (stadiul problemei, preocupări în lume), *teoria* (fizic şi matematic), *practica* (industrială, experimente de laborator), *comparaţia teoriei cu practica, concluzii, utilizarea rezultatelor.*

10. Articolul va fi însoţit de un rezumat de 150 cuvinte într-o limbă străină de circulaţie mondială, la alegerea autorului.

11. Pentru articolele deosebite, redacţia va solicita ulterior autorilor respectivi scurte prezentări de 1000 cuvinte, în vederea publicării lor simultan în limba engleză.

12. Autorii garantează şi răspund de corectitudinea ştiinţifică a articolelor ; redactarea trebuie să respecte regulile stabilite de Academia R.S.R

13. Corecturile se vor face de către autori în conformitate cu regulile tipografice sau se dau indicaţii pe foi separate.

14. Articolele primite la redacţie nu se înapoiază.

15. Materialele se predau în două exemplare.

16. Articolele se trimit numai semnate de autori ; se vor indica titlurile autorilor şi locurile de muncă.

17. Pentru articolele în legătură cu activitatea de serviciu trebuie să se prezinte aprobarea de publicare din partea conducerii unităţilor respective.

18. Articolele se trimit la redacţia revistei ENERGETICA pe următoarea adresă:

Revista Energetica
ICEMENERG
Bd. Energeticienilor nr. 8
74568 Bucureşti, Sector 3

19. Informaţii suplimentare se pot cere la telefon : 20.67.30/int. 235

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 338.062.219.3 : 669.1

Г. Тиля: **Работы в области производства и волочения труб, проведенные в Центре исследования и проектирования — с целью снижения расхода электроэнергии и топлива на трубном заводе «Республика» — Бухарест.**

Energetica 30 (1982), № 1, стр. 1–5

ДК 338.062.219.3 : 338.062.214

О. Цуцуяну: **Тепловидение на помощь сбережения энергии.**

После того как представляются принцип действия, составные элементы, и технические качества тепловидения иллюстрируются некоторые аспекты применения этой современной технологии телеизмерения в области контроля теплоизоляции, герметичности трубопроводов и тепловых сетей, а также в области контроля теплоизоляции сооружений и при обнаружении несовершённых контактов в установках для производства, транспорта и распределения электроэнергии

Energetica 30 (1982), № 1, стр. 5–9

ДК 66.012.003

Т. Сырбу, Осват Заболц: **Соображения по вопросу экономических эффектов процесса растворения лигнита поставленного теплоэлектростанциям.**

Energetica 30 (1982), № 1, стр. 9–13

ДК 621.3.015.3 : 621.3.064.1

М. Немеш, Д. Вэкару, Ст. Аренштейн: **Коэффициент перенапряжения при однофазном коротком замыкании в распределительных сетях с заземленной нейтралью с ограничительным резистором.**

Внедрение ограничительных резисторов в распределительных сетях в области обслуженной ИРЭ Тимишоара вело к обсуждению вопроса коэффициента перенапряжения при однофазном коротком замыкании, сравнительно с коэффициентом перенапряжения при заземлении для сетей с изолированной нейтралью, или с заземлённой нейтралью с гасительной катушкой. Данный анализ подчеркнул ясную выгоду процесса заземления с ограничительным резистором, посредством намного ниже уровня коэффициента перенапряжения, чем в случае изолированной или заземлённой нейтрали с гасительной катушкой.

Energetica 30 (1982), № 1, стр 13–16

ДК 621.315.5 : 621.3.011.3

Ал. Тэнэсеску, Х. Мэриеш: **Импедансы кабелей изолированных изоляцией из термопластического полиэтилена, типа А2УSУ — 12/20 кв.**

Представляются методы расчёта и формулы используемые для определения аналитическим путём прямой и одноимённой полярности импедансов у кабелей румынского производства, изолированных термопластическим полиэтиленом, типа А2УSУ — 12/20 кв. Результаты были получены путём внедрения на калькуляторе, типа «ФЕЛИКС—С—512» специфической программы, выработанной авторами.

Energetica 30 1982), № 1, стр. 17–22

ДК 621.314.12 : 621.3.027.3

Ст. Панцу: **Методы пассивирования активных металлических поверхностей в области сооружения больших силовых и высокого напряжения трансформаторов.**

В данной работе говорится о способе поведения разных металлических материалов, используемых в производстве трансформаторов, по сравнению с электроизоляционным маслом и представляются методы пассивирования, сокращающие или аннулирующие каталитический эффект металлов трансформаторов.

Energetica 30 (1982), № 1, стр. 23–26

ДК 662.046.2 : 621.039

К. Хайдук: **Исследования на образце процессов теплопередачи при кипении воды на элементах атомного топлива, предусмотренных треугольными гофрами в пику и в основе.**

Energetica 30 (1982), № 1, стр. 27–34

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОТМЕТКИ

ХРОНИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

РЕЦЕНЗИИ

НОВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 338.062.219.3 : 669.1

Gh. Tilea : **Die zur Herabsetzung des Elektroenergie-und Brennstoffverbrauchs in dem Rohrbaubetrieb „Republica" aus Bukarest vom Forschungs- und Projektierungszentrums für die Herstellung von Rohren und Zugrohren**

Energetica 30 (1982) H. 1, S. 1–5

DK 338.062.219.3 : 338.062.214

O. Ţuţuianu : **Die Thermovision als Hilfemassnahme zur Energieersparnis**

Nachdem das Funktionsprinzip, die Bauelemente und die Leistungen der Thermovisionsanlagen erläutert werden, werden einige Anwendungsbeispiele dieser modernen Fernmesstechnik für die Kontrolle der Wärmeisolation und der Abdichtung der Wärmeleitrohren und -netze erwähnt, sowie zur Kontrolle der Wärmeisolation der Bauten und zur Festlegung der unvollständigen Kontakte bei den Anlagen zur Erzeugung, dem Transport und der Verteilung der Elektroenergie.

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 5–9

DK 66.021.003

T. Strbu und *Osvath Szabolcz* : **Betrachtungen über die wirtschaftlichen Auswirkungen des Dilution des Lignits für Wärmekraftwerke**

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 9–13

DK 621.3.015.3 : 621.3.064.1

M. Nemeş, D. Văcaru und *St. Arenstein* : **Der Überspannungsfaktor bei monophasischem Kurzschluss in den Verteilungsnetzen mit einem Begrenzwiderstand im Neutralleiter**

Die Einführung der Begrenzungswiderstände in den Verteilungsanlagen des Netzbetriebs Timişoara benötigte ein Studium des Niveaus des Überspannungsfaktors bei einem monophasischen Kurzschluss verglichen mit dem Überspannungsfaktor bei einer Erdung für Netze mit isoliertem Neutralleiter oder mit einer Löschspule. Das Studium zeigte die Vorteile des Einbaus eines Begrenzungswiderstandes im Neutralleiter durch einen viel kleineren Wert des Überspannungsfaktors als im Falle des isolierten Neutralleiters oder jenes mit einer Löschspule.

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 13–16

DK 621.315.5 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu und *H. Mărieş* : **Die Impedanz der Kabeln mit thermoplastischen Poliethylenisolation vom Type A2YSY – 12/20 kV**

Es wird die Berechnungsmethode und die Formeln angegeben, welche für die analytische Bestimmung der direkten (inversen) und homopolaren Impedanzen bei Kabeln rumänischer Herstellung mit thermoplastischer Poliethylenisolation vom Type A2YSY – 12/20 kV verwendet werden. Die Ergebnisse wurden durch ein spezielles, von den Verfassern aufgestelltes Rechenprogramm erzielt, welcher auf einem Computer FELIX C 512 gerollt wurden erhalten.

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 17–22

DK 621.314.12 : 621.3.027.3

Şt. Panţu : **Passivierungsmethoden der aktiven metallischen Oberflächen der Hochleistungs- und Hochspannungstrafos**

Der Bericht befasst sich mit dem Verhalten verschiedener Metalle, die zum Bau der Trafos verwendet werden, im Vergleich zu den elektroisolierenden Öle und zeigt Passivierungsmethoden welche die katalitischen Eigenschaften der Metalle für den Transformatorenbau herabsetzen oder vernichten.

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 23–26

DK 662.046.2 : 621.039

C. Haiduc : **Studium anhand von Modellen des Wärmeüberleitungsverfahrens zum Aufkochen des Wassers auf Kernenergiebrennstoffelementen mit dreieckigen Wellungen an der Spitze und an der Basis**

Energetica 30 (1982), H. 1, S. 27–34

TECHNISCHE NOTEN

CHRONIK

WISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE SYMPOSIEN

REZENSIONEN

NEUE HERAUSGABEN

INHALTSVERZEICHNIS VERSCHIEDENER FACHZEITSCHRIFTEN

SOMMAIRE

CD 338.062.219.3 : 669.1

Gh. Tilea : **Préoccupations du Centre de recherches et projets concernant la fabrication des tuyaux et des tréfilages en vue de la diminution de la consommation d'énergie électrique et de combustible à l'entreprise de tuyaux „Republica" de Bucarest**

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 1–5

CD 338.062.219.3 : 338.062.214

O. Ţuţuianu : **La thermovision à l'aide des actions visant l'économie de l'énergie**

Après avoir présenté le principe de fonctionnement, les composantes et les performances des installations de thermovision, on montre quelques applications de cette technologie de télémesure au contrôle de l'isolation thermique et de l'étanchéité des tuyaux et des réseaux thermiques, au contrôle de l'isolation thermique des constructions et à l'identification des contacts imparfaits qui se trouvent dans les installations de production, de transport et distribution de l'énergie électrique.

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 5–9

CD 66.012.003

T. Strbu et *Osvath Szabolcz* : **Considérations sur les effets économiques de la dilution du lignite livré aux centrales thermoélectriques**

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 9–13

CD 621.3.015.3 : 621.3.064.1

M. Nemeş, D. Văcaru et *St. Arenstein* : **Le coefficient de surtension au court-circuit monophasé dans les réseaux de distribution à neutre traité par résisteur de limitation**

L'implémentation des résisteurs de limitation dans les postes de distribution de la zone desservie par l'Entreprise de réseaux électriques Timişoara a imposé les recherches sur le niveau du coefficient de surtension à un court-circuit monophasé, en comparaison avec le coeficient de surtension d'une mise à la terre pour les réseaux à neutre isolé ou traité par bobine d'extinction. L'analyse a mis en évidence l'avantage net du traitement du neutre par résisteur de limitation, par un niveau du coefficient de surtension beaucoup plus bas que dans le cas du neutre isolé ou traité par bobine d'extinction.

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 13–16

CD 621.315.5 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu et *H. Mărieş* : **Les impédances des câbles à isolation en polyéthylène thermoplastique du type A2YSY–12/20 kV**

On présente la méthode de calcul et les formules utilisées pour déterminer analytiquement les impédances directes (inverses) et homopolaires des câbles à isolation en polyéthylène thermoplastique du type A2YSY–12/20 kV, fabriqués en Roumanie. Les résultats ont été obtenus par le déroulement sur un computer FELIX C–512 d'un programme spécifique, élaboré par les auteurs.

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 17–22

CD 621.314.12 : 621.3.027.3

St. Panţu : **Méthodes de passivation des surfaces métalliques actives utilisées dans la construction des transformateurs de grande puissance et haute tension**

L'article analyse le comportement des certains matériaux métalliques utilisés dans la construction des transformateurs, par rapport avec les huiles électroisolantes, en présentant les méthodes de passivation qui reduisent ou même annihilisent, l'effet catalitique des métaux des transformateurs.

Energetica 30 (1982), no 1, p. 23–26

CD 662.046.2 : 621.039

C. Haiduc : **Recherches sur des modèles concernant le procéssus de transfert de chaleur, ayant lieu à l'ebullition de l'eau, sur les éléments de combustible nucléaire avec des ondulations triangulaires à la pointe et à la base**

Energetica 30 (1982), no. 1, p. 27–34

NOTES TECHNIQUES

CHRONIQUE

MANIFESTATIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

COMPTE-RENDUS

PUBLICATIONS RECENTES

LA REVUE DES REVUES

CONTENTS

DC 338.062.219.3 : 669.1

Gh. Tilea : **Concerns within the Research and Design Center for Pipes and Draw-out Pipes for the Reduction of Electricity and Fuel Consumption at the Pipes Manufacturing Enterprise „Republica" Bucharest**

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 1–5

DC 338.062.219.3 : 338.062.214

D. Ţuţuianu : **Thermovision as a Means for Energy Savings**

After presenting the operation principle, the components and performances of thermovision installations some applications of this modern telemeasuring technology for the control of the thermal insulation and of the leakproofness of pipes and thermal networks are shown, as well as those applied for the thermal insulation control of buildings and of the damaged breakers of electricity generation, transport and distribution facilities.

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 5–9

DC 66.012.003

T. Sîrbu and *Osvath Szablocz* : **Considerations about the Economic Effects of the Lignite Dilution used in Thermal Power Plants**

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 9–13

DC 621.3.015.3 : 621.3.064.1

M. Nemeş, D. Văcaru and *St. Arenstein* : **Monophasic Shortcircuit Overvoltages Factor within Distribution Networks with Limitation Resistor Treated Neutrals**

The implementation of limitation resistors in the distribution points of the networks enterprise Timişoara imposed an investigation of the overvoltage factors value during monophasic shortcircuit as compared to the overvoltage factor at an earthing of networks with insulated neutral or with an extinguishing coil. The analysis revealed the advantage of the neutral treatment by limitation resistor, by a much lower overvoltage factor as that of an insulated or extinguished coil treated neutral.

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 13–16

DC 621.315.5 : 621.3.011.3

Al. Tănăsescu and *H. Măriej* : **The Impedances of Thermoplastic Poliethylene Insulated Cables of the Type A2YSY — 12/20 kV**

The calculation method and formulae used for an analytical determination of direct (reverse) and homopolar impedances on Romanian made cables with thermoplastic poliethylene insulated cables of the type A2YSY—12/20 kV are presented. The results have been obtained by means of a computer program set up by the authors and processed on a FELIX C 512 computer.

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 17–22

DC 621.314.12 : 621.3.027.3

St. Panţu : **Passivation Methods for the Active Surfaces of High Power and Voltage Transformers**

The paper deals with the behaviour of different metals used in the transformers as compared to electroinsulating coils and presents passivation methods for reducing or annihilating the catalitic effect of metals in transformers.

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 23–26

DC 662.046.2 : 621.039

C. Haiduc : **Model Studies of the Heat Transfer Process at Water Boiling on Nuclear Fuel Rods with Triangular Top and Bottom Ripples**

Energetica 30 (1982), nr. 1, p. 27–34

TECHNICAL NOTES

CHRONICS

TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA

REVIEWS

RECENT PUBLICATIONS

FROM THE SUMMARIES OF OTHER PERIODICALS

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂR
ȘI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREȘTI, cod 74568, Sectorul III • B-dul ENERGETICIENILOR 8

ACTIVITATEA IN DOMENIUL AEROTERMODINAMICII TURNURILOR DE RACIRE

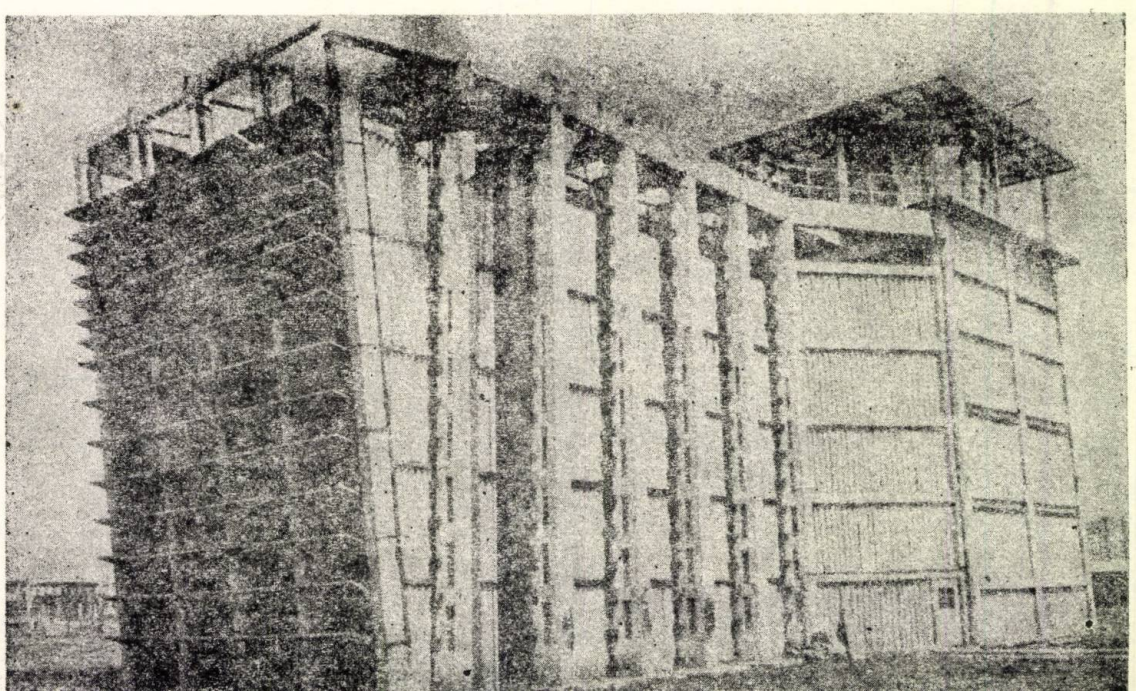
In cadrul ICEMENERG, laboratorul de circuite hidrotehnice efectuează cercetări în domeni aerodinamicii turnurilor de răcire, iar în colaborare cu cadrele de specialitate ale institutel politehnice din București și Timișoara realizează studii și cercetări privind termodinamica și aerodinamica turnurilor de răcire în contracurent și curent transversal, în principal a celor tiraj natural.

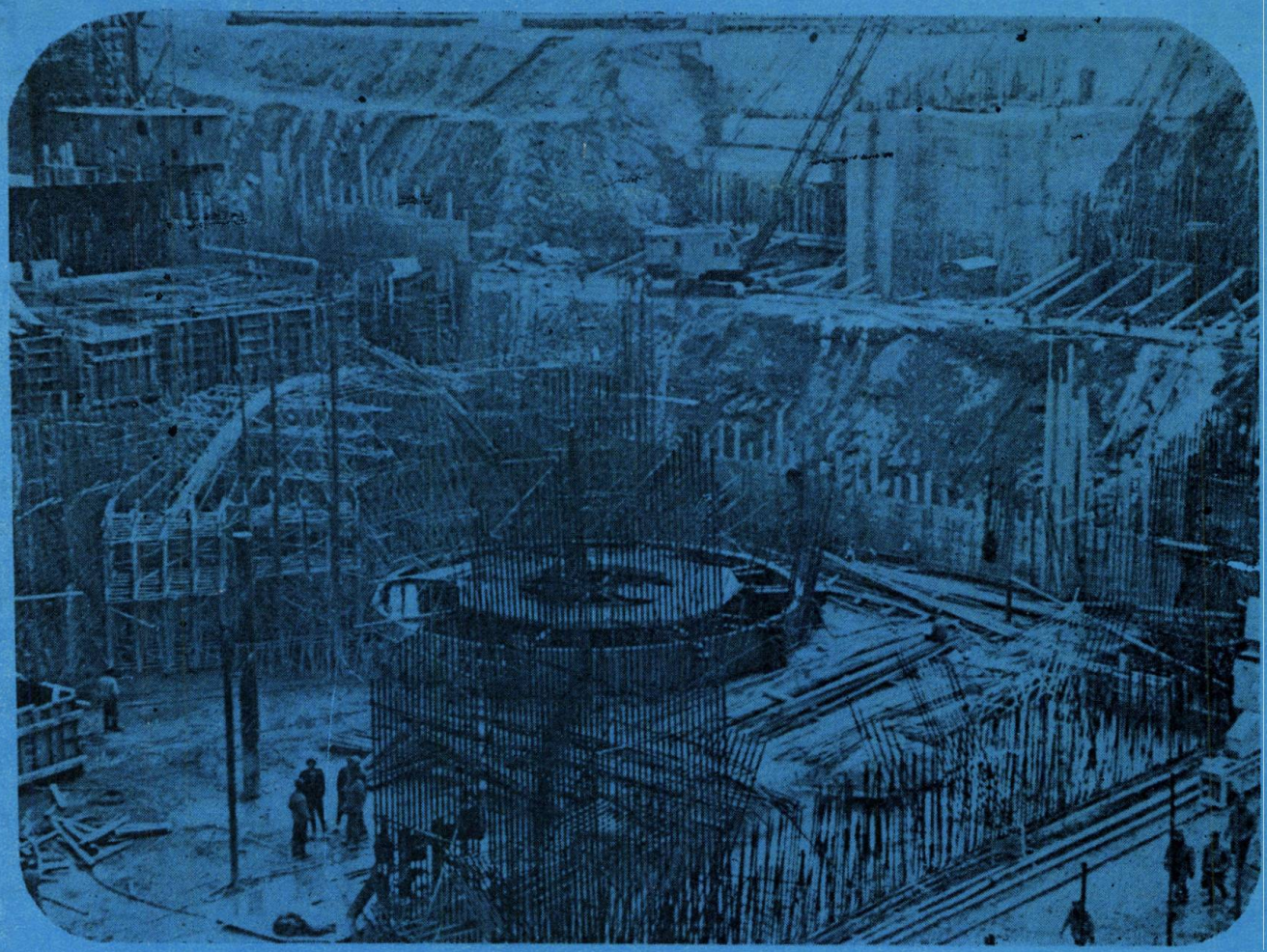
ICEMENERG, laboratorul de circuite hidrotehnice realizează :

- Cercetări de laborator pentru stabilirea cifrelor de transfer termic și rezistență aerodi mică ale diferitelor tipuri de umpluturi (plăci de azbociment, șipci, rulouri din plase de ma plastice etc.), finalizate prin stabilirea de relații matematice de generalizare ;
- Cercetări pentru diferite tipuri de sisteme de dispersie a apei și de reținători de strop
- Cercetări aerodinamice pe modele de ansamblu ale turnurilor de răcire finalizate prin rel generale de calcul al rezistenței aerodinamice totale ;
- Studii pentru stabilirea metodelor de calcul termic caracterizate prin programe de dimensio și verificare ;
- Măsurători de cercetare pe stația pilot pentru turnuri în contracurent și curent transversal turnuri în funcțiune pentru verificarea datelor de laborator și a programelor de calcul și stabilire eventualilor coeficienți de trecere laborator-natură aplicabili la calculele de dimensionare ;
- Cercetări necesare introducerii pe scară largă a umpluturilor din mase plastice mai eficient atît din punctul de vedere al performanțelor cît și al energiei înglobate (comportarea mecanică su sarcină, comportarea sub acțiunea impurităților mecanice și biologice conținute în apa de circula comportarea la foc etc.).

Pe baza cercetărilor realizate, aplicabile la orice tipuri și capacități ale turnurilor de răcire fost întocmite numeroase proiecte pentru turnuri de răcire din centrale termoelectrice, industria mică și rafinării din țară și străinătate.

Activitatea de cercetare se extinde în domeniul turnurilor de răcire uscate, existînd deja studi tehnico-economice și rezultate experimentale preliminare.





MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

TRUSTUL DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

EXECUTA

- BARAJE
  - DE GREUTATE DIN BETON
  - DIN BETON IN ARC
  - DIN BETON CU CONTRAFORTI
  - DIN ANROCAMENTE
  - DIN PAMINT SAU BALAST
- CENTRALE HIDROELECTRICE
  - SUBTERANE
  - DE SUPRAFATA
- GALERII HIDROTEHNICE
- CONDUCTE SI CANALE
- DIGURI, ECLUZE, STATII DE POMPARE etc.

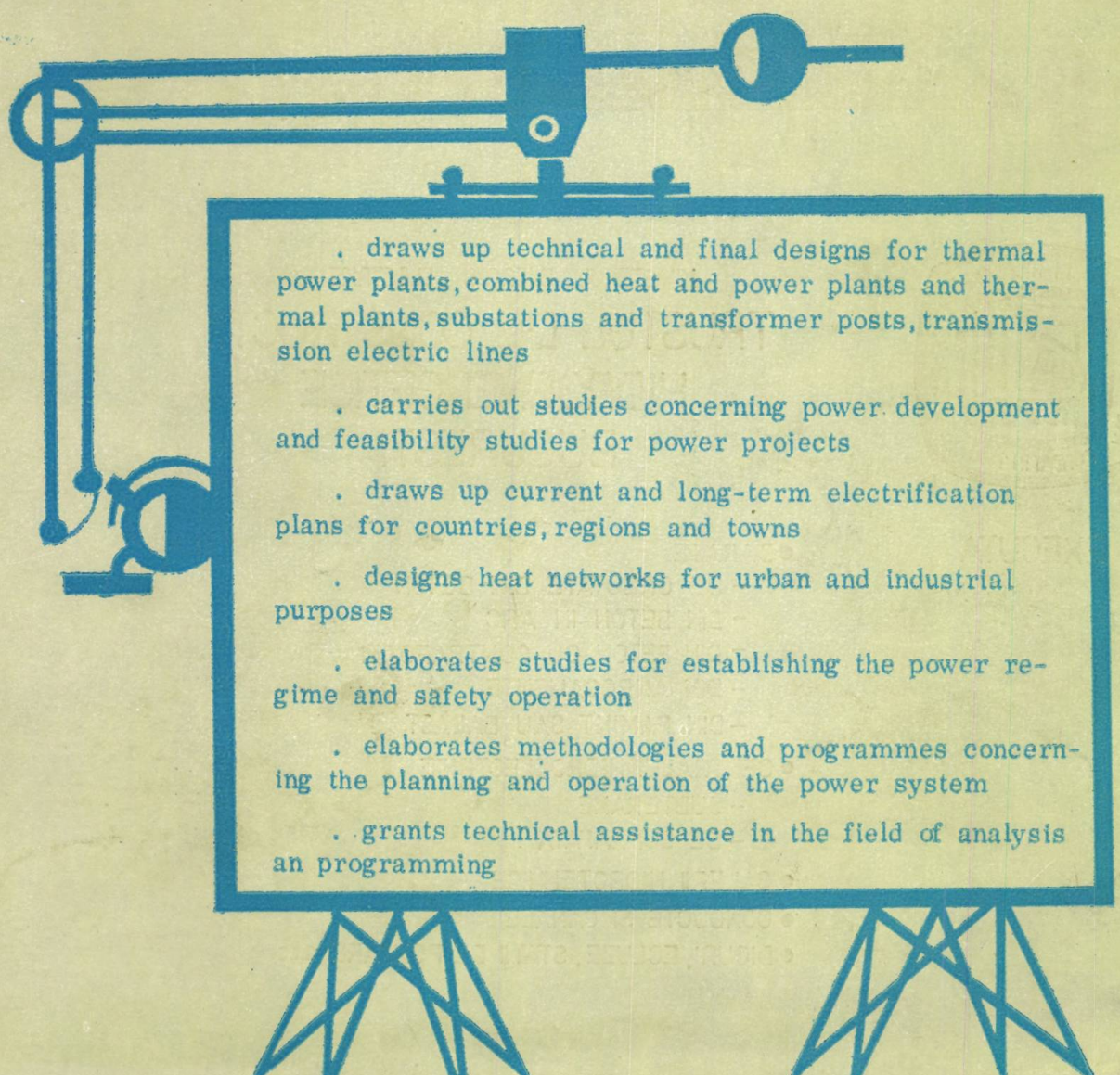
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE

BUCURESTI, Bd. Lacul Tei nr. 1, Tel. 12.19.70 ; 12.71.41 Telex 10.978 ispe

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studies and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carries out studies and designs required for the achievement of the electrification plans, and for the electric networks operation in economic and safety conditions

cooperates with foreign firms and organizations for specialized works and gives, on demand, all kind of engineering assistance in the power industry field

1982 AUG 17



. draws up technical and final designs for thermal power plants, combined heat and power plants and thermal plants, substations and transformer posts, transmission electric lines

. carries out studies concerning power development and feasibility studies for power projects

. draws up current and long-term electrification plans for countries, regions and towns

. designs heat networks for urban and industrial purposes

. elaborates studies for establishing the power regime and safety operation

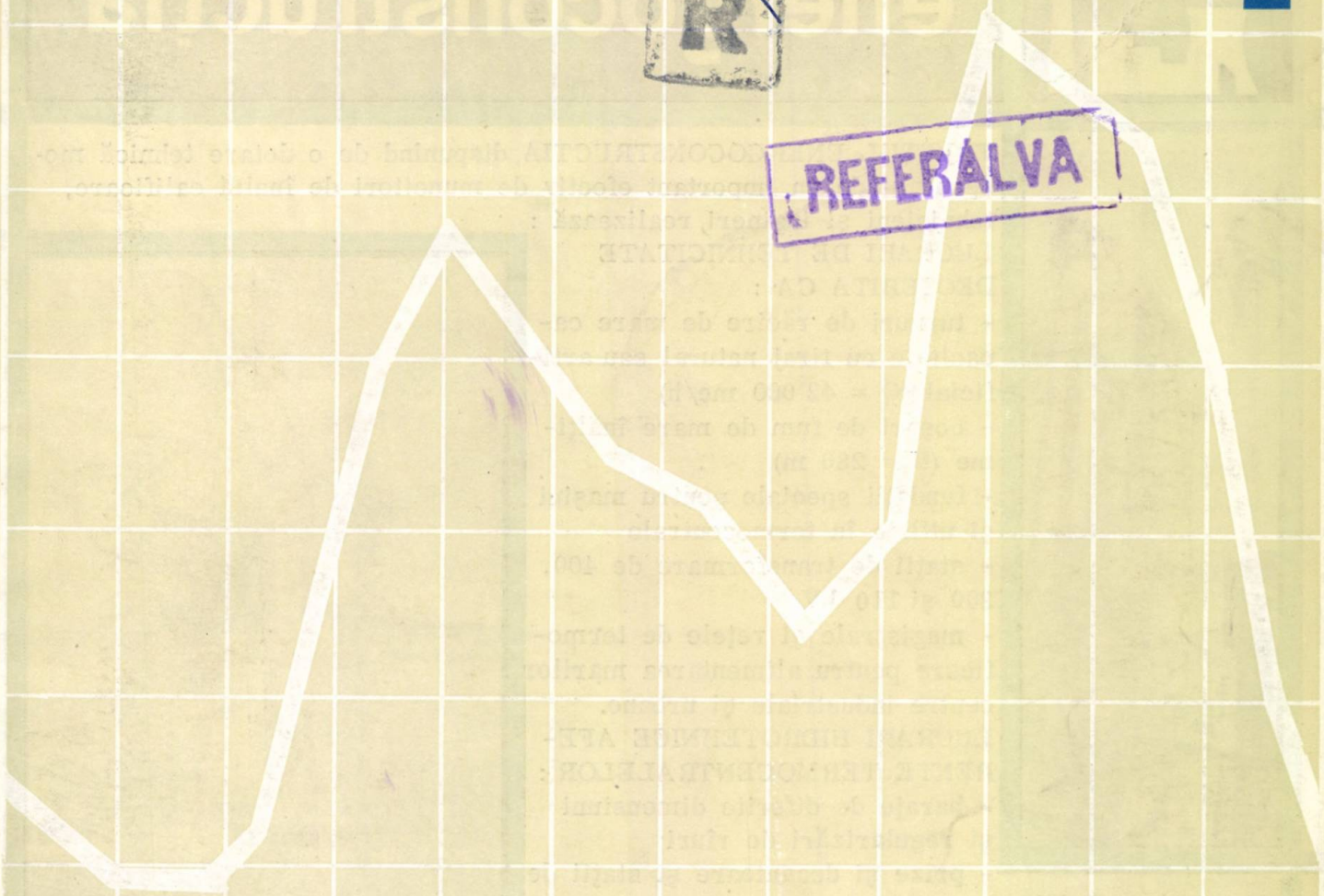
. elaborates methodologies and programmes concerning the planning and operation of the power system

. grants technical assistance in the field of analysis an programming

E 2039
MW

2

REFERALVA

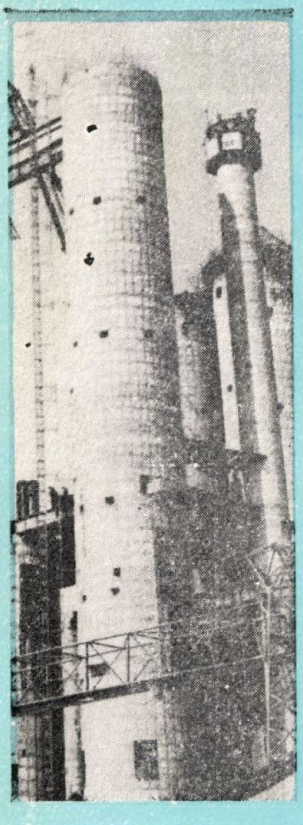


VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
FEBRUARIE 1982

energetica

0 6 12 18 24

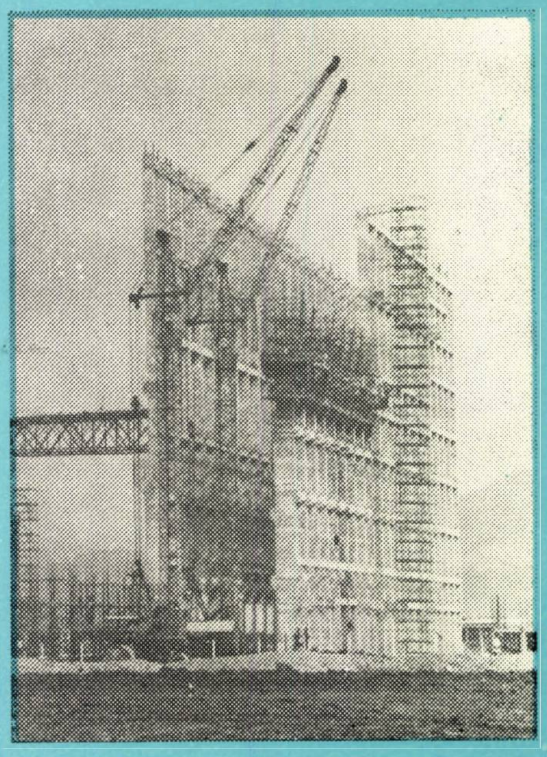
TRUSTUL energoconstrucția



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- turnuri de răcire de mare capacitate cu tiraj natural sau artificial (Q = 42 000 mc/h)
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m)
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV
- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane.



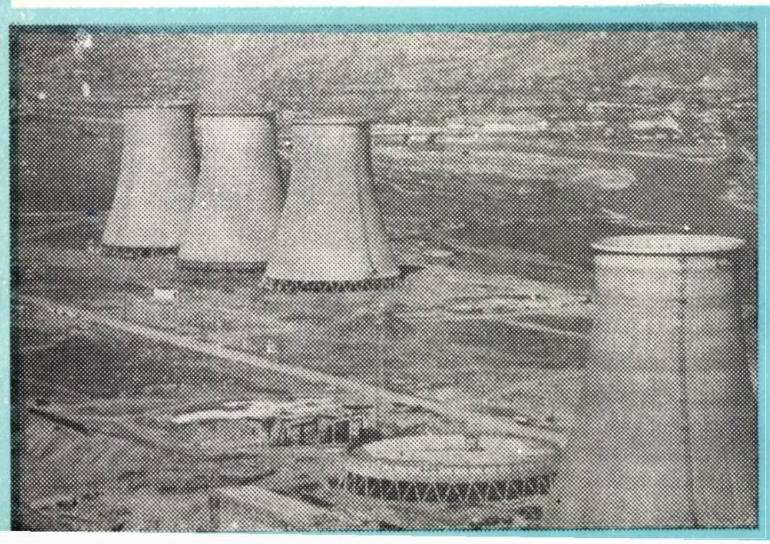
LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite dimensiuni şi regularizări de rîuri
- prize şi decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA REALIZEAZA :

- centrale electrice şi de termoficare cu puteri instalate de 50, 200, 300, 625, 800, 1000 şi 2600 MW
- structuri de rezistenţă ale termocentralelor executate din beton armat monolit cu ajutorul cofrajelor glisante
- elemente prefabricate şi construcţii metalice alcătuite din mari subansambluri

LUCRARI DE CONSTRUCTII LA TERMOCENTRALELE ELECTRICE SI DE TERMOFICARE de mare şi foarte mare putere funcţionînd cu cărbune, păcură, gaze, şisturi.



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCIA
Calea Dorobanţilor nr. 103-105
Sector 1 Bucureşti
Telefon 79. 60. 20 - telex 10179

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
ng. Şt. Berenghi
ng. P. Cartianu
ng. M. M. Dăncilă
ng. H. Furtunescu
ng. N. Georgian
Dr. ing. Gh. Luca
Dr. chim. Maria Maftei
Dr. ing. G. Manolescu
ng. B. Marcu
Dr. ing. A. Măcriş
ng. I. Măiereanu (redactor responsabil adjunct),
Dr. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
rof. dr. doc. V. I. Nitu
Dr. ing. E. Pavel
Dr. ing. T. Popa
Dr. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

evista ENERGETICA este publicaţie nară devotată preocupărilor spirituale realizărilor materiale în domeniul ergeticii.

edacţia şi administraţia: Bucureşti 568, Bd. Energeticienilor 8, Sector 3, lefon: 20.67.30, 21.46.30

ANUL 30 **2** FEBRUARIE 1982

Cuprinsul

ARTICOLE

Pag.

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Tololo, A. Penu

Metode de determinare a măcinabilităţii cărbunilor inferiori 55—57

Vl. Nicu

Reducerea consumului propriu de energie electrică în producerea şi livrarea energiei termice 58—60

C. Dumitru

Influenţa variaţiei debitului de apă de răcire asupra funcţionării circuitului de răcire al unei centrale electrice 60—64

H. Măriej, M. Popescu

Compensarea puterii reactive în condiţiile regimului deformant 64—69

L. Lup

Condiţii de oportunitate a utilizării energiei solare în centralele termoelectrice sau termice 69—76

NOTE TEHNICE

A. Popescu

Stadiul realizării în ţară a uleiurilor electroizolante aditivate, în vederea măririi siguranţei în exploatare a transformatoarelor moderne 76—77

A. Niculescu

Procedee moderne de corecţie a apei de alimentare a cazanelor cu tambur de înaltă şi medie presiune din CTE 78—79

INVENŢII-INOVAŢII 79—81

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 81—83

MONOGRAFII

P. Cartianu

Din evoluţia concepţiei şi soluţiilor pentru alimentarea cu energie electrică a oraşului Bucureşti 83—86

CRONICĂ

Primul Simpozion al reţelelor electrice 86—87

Al VI-lea Simpozion „Siguranţa în funcţionare a instalaţiilor energetice" 87—89

MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 90

RECENZII 91—92

DIN SUMARUL REVISTELOR 92

Revista ENERGETICA este editată cu concursul permanent dat de :

Chim. Eleonora Ataman
Dr. ing. J. Constantinescu
Ing. Ana Dobre
Ing. T. Dragomir
Ing. Angela Perea
Dr. ing. M. Pomîrleanu
Dr. ing. Gh. Popa
Ing. A. Roşu
Ing. V. Rugină
Ing. I. Turcu

În revista „Energetica" se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul central de cercetări energetice

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică
Alice Anastasescu — redactor principal
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. Sector 3. Tarif pentru întreprinderi şi instituţii : 100 lei anual ; tarif pentru abonamente individuale : 30 lei anual. Costul unui exemplar : 5 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona adresîndu-se la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137 6463/1982

41 401

Premiul fundației Montefiore 1981 acordat lui Paul Dimo

În iunie 1981 a avut loc la Liège (Belgia) ședința solemnă pentru acordarea premiului internațional Montefiore *). Acest premiu este decernat autorilor unor lucrări originale în domeniul teoriei și aplicațiilor electricității apărute pe plan mondial în ultimii cinci ani înainte de anul decernării premiului. Un prestigios juriu internațional alcătuit din șapte profesori universitari, din Franța, R. F. Germania, Belgia, Elveția, prezidați de profesorul Danthone (Belgia), selecționează lucrările și stabilește ordinea în care acestea satisfac exigențele cerute pentru premiere. Pentru ultimii cinci ani — 1975—1980 — lucrarea selecționată în unanimitate de juriu ca prima în acest interval de timp a fost :

P. DIMO — *Les modèles REI : Solution générale pour l'informatique future des réseaux d'énergie — L'impact de l'éstimateur d'état et du microprocesseur.*

Această lucrare a apărut în nr. 3/1980 al revistei Academiei R.S.R. — „Revue Roumanie des Sciences Techniques série Electrotechnique et Energetique" și în ea se arată posibilități noi și specta-

*) George Montefiore, inginer diplomat al universității din Liège, om de aleasă cultură, senator belgian, fondează în anul 1884 Institutul de electricitate, care îi poartă și acum numele.

Institutul Montefiore este prima școală universitară de electricitate din Europa și, după cunoștința noastră, din lume. Institutul se bucură încă de la început de un prestigiu și de o audiență internațională, caracter facilitat de limba franceză, pe atunci limba diplomaților și a oamenilor de știință.

Fundația Montefiore funcționează pe lîngă Institutul cu același nume, de la începutul secolului nostru, și are rolul special de a atribui, conform regulamentului întocmit de fondatori, „Premiul Fundației Montefiore".

Renumele fundației se datorează prestigioșilor premiați, care în acest secol, se corelează strîns cu însăși istoria științei electrotehnicii. Găsim în această listă pe autorii explicării fenomenelor și teoriilor electrice elaborate succesiv și utilizate azi în dezvoltarea explozivă a electrotehnicii moderne. Citățm cîteva personalități premiate în trecut, care ilustrează prestigiul de care se bucură acest premiu pe plan mondial : R. Rüdenberg (Germania — 1908), A. Mauduit (Franța — 1914), F. Scoumanne (Rusia — 1914), A. Blondel (Franța — 1920), V. Karapetoff (S.U.A. — 1920), R. Vilmotte (Anglia — 1926), H. Parodi (Franța — 1927), Evans și Wagner (S.U.A. — 1927), G. Kron (S.U.A. — 1935), J. Fallou (Franța — 1935), F. Cahen (Franța — 1950) etc.

culoase ale Analizei nodale, metodă românească binecunoscută pe plan mondial în formarea rețelelor REI-Dimo, cu multiple noi aplicații în urma apariției estimatoarelor de stare și a microprocesoarelor.

S-au mai acordat încă două premii în ordinea următoare :

— prof. A. Fetweiss (Universitatea Ruhr — R. F. Germania) pentru o teorie de filtrare digitală ce mărește capacitatea de transmitere a informației.

— B. D. Hutzler (Laboratoarele de la Clamart ale EdF) pentru determinarea pe cale digitală a momentului producerii arcurilor electrice considerînd starea aerului și geometria pozițiilor.

★

Este pentru prima oară cînd acest premiu, care s-a atribuit pînă acum unor oameni de știință din țări dezvoltate industrial, se conferă unui reprezentant al științei românești. Socotim că instituțiile din țara noastră, în care Paul DIMO este încă activ, sînt onorate de acest eveniment și considerăm de datoria noastră a aduce public la cunoștința cititorilor momentele semnificative de afirmare a operei și personalității sale științifice. Totodată exprimăm călduroase felicitări celui mai proaspăt laureat al prestigiosului premiu internațional Montefiore.

1. Primele cercetări. Analiza Nodală

Studiind *supratensiunile prelungite* periculoase în rețelele cu neutrul izolat ale Munteniei, autorul explică cauzele acestor supratensiuni pe baza unor concepte proprii, în care rolul curenților de scurtcircuit este esențial. De acum înainte, această mărime electrică, care pînă în anii '50 se determina numai pentru a fi evitate efectele ei nocive, va deveni, prin soluțiile Analizei nodale-Dimo, indicatorul fundamental în caracterizarea stărilor de funcționare ale rețelelor și sistemelor electrice.

De la schema REI a unui nod, la imaginile grafice ale curenților de scurtcircuit asociate cu conceptul REI-DIMO, succesiv, AND se conturează ca o teorie solidă și accesibilă, utilizată de un cerc din ce în ce mai larg de specialiști, pentru explicarea și rezolvarea problemelor puse de practică în acest domeniu, cu deosebire al acelora privind stabilitatea și reglajul.

Rezultatele cercetărilor teoretice, inițiate la *Institutul de Energetică al Academiei R.S.R.*, au fost aplicate de la început cu un succes deplin în ISPE, în studiile de dezvoltare ale sistemului electroenergetic al țării noastre din cadrul primelor planuri de electrificare. Pentru aportul deosebit adus în această perioadă, autorul AND este răsplătit cu nu mai puțin de trei premii de stat.

2. Rețelele REI-DIMO cu noduri artificiale

Apariția și extinderea rapidă a utilizării calculatoarelor electronice a generat aplicații noi ale metodei grafice ale Analizei Nodale. Dorind să păstreze „vizualizarea" fenomenelor studiate cu ajutorul geometriei imaginilor nodale, sursă de idei și de mobilizare a intuiției, autorul dezvoltă în anii '70 noi cercetări, sprijinite acum pe facilitățile și pe performanțele în rapidă evoluție ale tehnicii de calcul numeric. Ajunge la concluzia că o simplificare de cel mai mare interes ar fi posibilă dacă s-ar putea stabili *noduri artificiale* care să grupeze noduri reale din rețea, de aceeași natură.

Rezolvă acest deziderat pe o cale profund originală, utilizînd o schemă standard REI (Radial, Echivalent, Independent), pe care o denumește **„rețea cu bilanț energetic nul"**, întrucît prin această substituire nu se modifică bilanțul inițial de puteri în rețea. Rețeaua echivalentă REI-DIMO, cu caracter „imitativ" al rețelei reale, este redusă la strictul necesar pentru problemele particulare studiate. Ea poate fi utilizată la toată gama de probleme complexe ale sistemelor electroenergetice, deoarece asigură îndeplinirea tuturor teoremelor clasice ale circuitelor electrice.

Ultimele cercetări, care au condus la stabilirea rețelelor numite azi pretutindeni în lume REI-DIMO, au fost efectuate la *ICEMENERG*, unde autorul a găsit entuziasm pentru noua teorie românească printre colegi și conducerea institutului.

Au fost efectuate cercetări interesante, care au dovedit eficacitatea modelelor REI-DIMO în problemele de interes major pentru SEN-R.S.R.

3. Perspective

Dezvoltarea tehnicii de estimare a stării sistemelor și apariția microprocesoarelor organizate în rețele informatice de timp real, deschid, așa cum se arată în lucrarea premiată la Montefiore, noi perspective modelelor REI.

Diagrama sau **„imaginea nodală"** a anilor '50, obținută pe ecranele calculatoarelor, poate alcătui un instrument eficace al interfeței om-calculator.

Rețelele REI-DIMO, după aprecierea unora dintre cele mai prestigioase organizații de profil din S.U.A. (IEEEE Working Groups on Power Systems Control Centers), vor juca un rol de primă importanță în „condensarea" și sistematizarea informației pe diversele niveluri ierarhice ale sistemelor electroenergetice vaste interconectate.

Aceste rețele pot fi obținute pe o cale directă din proces, fără a fi necesar tehnici de actualizare, pentru oricare dintre multiplele niveluri ierarhice ale sistemelor.

Este de menționat faptul că, în prezent, la modificarea regimului de referință, modelele REI sînt *„actualizate"* cu diferite tehnici, între care se remarcă procedeul propus de autor, care apelează la aceași rețea cu bilanț energetic nul.

Metode de determinare a măcinabilității cărbunilor inferiori

Chim. E. Gatman-Săndulescu
Ing. Cr. Totolo
Ing. Anca Penu*)

Lucrarea prezintă determinarea coeficienților de măcinabilitate prin metoda VTI, GOST nr. 15480-70 și prin metoda Hardgrave — ASTM-D-409-7 S.U.A., în vederea stabilirii posibilităților de măcinare a cărbunilor inferiori în laborator.

Prin cercetarea întreprinsă (studiu ICEMENRG, 1979—1980) s-a urmărit să se stabilească interdependența între caracteristicile de măcinabilitate cu caracteristicile energetice și petrografice ale cărbunilor inferiori. Instalațiile experimentale privind ambele metode s-au realizat în ICEMENERG, conform proiectului de execuție elaborat de secția termoenergetică.

Coeficientul de măcinabilitate este o valoare care reflectă posibilitățile de măcinare a materialului. Cunoașterea acestuia prezintă importanță la proiectarea și reproiectarea morilor, de asemenea și la întocmirea schemelor optime de pregătire a prafului de cărbune, impunîndu-se o serie de măsuri, care este necesar a fi luate în cazul schimbării naturii sau calității combustibilului.

În prezent capacitatea de măcinare a combustibilului de cercetat se determină în moara de laborator (VTI sau Hardgrave) comparativ cu un combustibil-etalon. Coeficientul relativ de măcinare, K_m, determinat în laborator, reprezintă raportul dintre consumul de energie pentru măcinarea combustibilului supus cercetării la starea de umiditate a aerului uscat și în cazul sfărîmării acestuia pînă la dimensiunea egală cu finețea de măcinare necesară. În metoda VTI (U.R.S.S.) și Hardgrave (S.U.A.) se folosește procedeul de măcinare a combustibilului cu același consum de energie și cu finețe finală diferită.

1. Metode VTI (GOST 15489-70)

Modul de lucru :

— Pregătirea morii VTI

Moara de laborator este prevăzută cu un tambur de porțelan avînd diametrul Ø de 170 mm și o lungime de 210 mm.

În tambur, după ce în prealabil au fost spălate, se introduc 6 kg bile porțelan cu diametrul de 35 mm și 2 kg bile porțelan cu diametrul de 15 mm.

Se introduce apoi o probă de combustibil solid, în greutate de 500 g, după ce în prealabil a fost pregătit.

Pregătirea combustibilului suportă următoarele faze :

— concasarea într-un concasor de laborator al cărui grătar este reglat astfel ca distanța dintre bare să fie 3 mm ;

— sitarea materialului rezultat de la concasare, reținîndu-se doar sortul granulometric în intervalul 2—3 mm ;

— uscarea la aer a combustibilului respectiv ;

— pregătirea a trei probe de cărbune în greutate de 500 g fiecare.

În cazul în care rezultatele sînt diferite, se va efectua și a treia determinare.

— Determinarea coeficientului de măcinabilitate

Durata măcinării este de 15 minute, timp în care se realizează 622 rotații ale tamburului, la o viteză a acestuia de 41,6 rot/min.

Combustibilul măcinat se trece printr-un set de 5 site (0,2 ; 0,125 ; 0,09 ; 0,08 ; 0,063) ale unui vibrator mecanic, timp de 20 minute, realizîndu-se în acest mod analiza granulometrică a probei supuse cercetării.

Metoda VTI folosește drept combustibil-etalon antracitul din bazinul Donețului, al cărui coeficient de măcinabilitate $m_{VTI} = 1$, obținîndu-se după 15 minute de măcinare $R_{et} = 70$.

Prin urmare coeficientul relativ al măcinabilității se determină prin comparație cu un combustibil-etalon după formula :

$$m_{VTI} = \left(\frac{1}{\ln \frac{100}{R_{et}}}\right)^{2/3} \cdot \left(\ln \frac{100}{R_{90}}\right)^{2/3} = 2\left(\ln \frac{100}{90}\right)^{2/3}$$

Valoarea coeficientului capacității de măcinare va fi :

$$m_{VTI} = \left(\frac{1}{\ln \frac{100}{70}}\right)^{2/3} \cdot \left(\ln \frac{100}{R_{90}}\right)^{2/3}$$

sau

$$m_{VTI} = 2\left(\ln \frac{100}{R_{90}}\right)^{2/3}$$

1.1. Date experimentale

Cu ajutorul metodei VTI s-au determinat coeficienții de măcinabilitate m_{VTI} pentru căr-

*) Chim. Elena Gatman-Săndulescu și ing. Cristian Totolo crează la ICEMENERG iar ing. Anca Penu lucrează la Institutul politehnic-București.

bunii bruni-ligniți din bazinele Rovinari, Motru, Jilț (tabelul 1).

Se constată o dispersie apreciabilă a valorilor acestora de la 0,401 la 1,356.

Tabelul 1

Valorile medii ale coeficientului de măcinabilitate m_{VTI} și valorile medii ale caracteristicilor energetice pentru probele din bazinele Rovinari, Motru și Jilț

Nr. crt.	Bazin	Denumirea carierei (minei)	W_l^i, %	A^{anh}, %	Q_i^i, kcal/kg	m_{VTI}
1	Rovinari	Gîrla	39,46	60,90	1136	0,9053
2		Pinoasa	43,11	36,3	1834	0,8152
3		Rogojelu	39,7	54,7	1322	0,8625
		Poiana	43,34	35,87	1848	0,6655
5		Rovinari	41,70	44,48	1602	0,848
6		Lupoaia-mină	44,77	37,39	1538	0,8237
7		Lupoaia-carieră	44,74	38,08	1509	0,8267
8	Motru	Ploștina	45,16	40,63	1443	0,7570
9		Horăști	45,65	34,71	1643	0,7180
10		Leurda	46,12	35,11	1593	0,7388
11		Roșiuța	44,29	38,33	1478	0,7940
12		Motru-Vest	44,18	38,68	1516	0,8212
13		Motru	45,06	37,22	1545	0,7866
14	Jilț	Mătăsari	45,48	38,52	1645	0,7412
15		Drăgotești	45,53	33,26	1786	0,5928
16		Jilț	45,88	36,55	1698	0,6855

Experimentările s-au efectuat în ICEMENERG, conform metodei VTI, pe un număr de 56 probe cărbune, 22 probe din bazinul Rovinari, 26 probe din bazinul Motru și 8 probe din bazinul Jilț.

2. Metoda Hardgrave (ASTM D-469-7 S.U.A.)

Determinările s-au efectuat pe o moară de laborator, elaborată conform ASTM D 409-74, de către un grup de cercetători din sectorul termoenergetic.

Moara folosește instalația de antrenare de la moara de laborator pentru determinarea coeficientului de măcinabilitate VTI.

Ea se compune dintr-un reductor de turație pentru realizarea turației de 20 ± 1 rot/min la arborele principal și moara propriu-zisă, dotată cu o cale de măcinare fixă, un pahar de apărare a bilelor și greutățile pentru realizarea forței de apăsare prescrise ($29 \pm 0{,}2$ kgf).

Pentru determinări s-au folosit instrucțiunile ASTM 409-1974 — „Metoda standard pentru încercarea de măcinabilitate a cărbunelui prin procedeul Hardgrave", adaptate cărbunilor inferiori românești.

Ca principiu, metoda Hardgrave este similară metodei VTI, diferind de aceasta prin modul solicitării mecanice (strivire, și nu lovire) la care este supus materialul.

Se aplică o cantitate bine definită de energie asupra probei de cercetat, efectuîndu-se totodată determinări granulometrice.

Modul de lucru este accesibil, iar măcinarea probei durează 3 minute.

Proba de granulație 0,59—1,16 mm este uscată în prealabil 12—24 ore la temperatura mediului ambiant.

Repetabilitatea metodei constă în faptul că diferența între cantitatea inițială supusă măcinării (50 g) și suma greutăților privind refuzul și trecutul prin sita de 0,074 mm nu trebuie să difere cu mai mult de 0,75 g.

În ceea ce privește reproductibilitatea metodei, este necesar ca determinările duble executate de diferite laboratoare să nu difere cu mai mult de trei puncte pentru indicele de măcinabilitate.

2.1. *Date experimentale*

Coeficientul de măcinabilitate se calculează cu relația :

$$m_H = 1{,}74 \cdot D_{0{,}074}$$

în care $D_{0,074}$ este cantitatea de praf trecută prin sita cu ochiuri de 0,074 mm.

Drept combustibil-etalon se folosește o huilă la care $D_{0,074} = 50\%$ (huila S.U.A. — Somerset).

Rezultatele experimentărilor sînt redate în tabelul 2.

Tabelul 2

Determinarea coeficientului de măcinabilitate după metoda Hardgrave (ASTM D-469-7 S.U.A.)

Nr. crt.	Denumirea carierei (minei)	Refuzul pe sita 0,074 mm	Trecutul prin sita 0,074 mm	Cantitatea finală, g	Coeficientul Hardgrave mH
1	Poiana	39,02	10,97	50	51,18
2	Tismana	36,97	13,02	50	58,30
3	Gîrla	37,03	12,98	50	58,16
4	Roșia	38,48	11,52	50	53,08
5	Motru-Vest	38,00	12,00	50	54,76
6	Lupoaia-mină	39,27	10 72	50	50,32
7	Lupoaia-carieră	41,37	8,67	50	43,17
8	Ploștina	40,02	9,97	50	47,92
9	Leurda	42,27	7,72	50	39,88
10	Roșiuța	35,75	9,30	50	45,38
11	Horăști	40,17	9,83	50	47,22
12	Jilț	43,12	6 87	50	41,93
13	Huilă S.U.A.	42,50	7,50	50	39,10

Din analizele datelor respective se observă că nu există o diferență între cantitatea inițială supusă măcinării (50 g) și suma greutăților

privind refuzul și trecutul prin sita de 0,074 mm (să nu difere cu mai mult de 0,75 g). Toate încercările experimentale s-au încadrat în normele ASTM 409-74.

Valorile coeficientului de măcinabilitate determinat prin metoda Hardgrave se situează între 36,93 și 60,10.

Coeficientul mediu de măcinabilitate m_H pentru bazinul Rovinari este $m_H = 55{,}60$ la un conținut de cenușă, $A^{anh} = 59{,}18\%$; pentru bazinul Motru $m_H = 46{,}60$ la un conținut de cenușă, $A^{anh} = 43{,}80\%$; pentru bazinul Jilț $m_H = 36{,}93$ pentru $A^{anh} = 31{,}90\%$.

Se observă o dependență de directă proporționalitate între valorile coeficientului de măcinabilitate m_H și conținutul de steril, pentru probele cercetate.

Din literatura de specialitate se cunosc formule de transformare ale coeficientului m_{VTI} în m_H și invers.

Astfel:

$$m_H = 70\ m_{VTI} - 20 \qquad (1)$$

$$m_{VTI} = 0{,}0034 \cdot m_H\ 1{,}25 + 0{,}61 \qquad (2)$$

ICEMENERG a aplicat aceste formule pornind de la valorile inițiale m_{VTI} și a constatat că nici una dintre aceste formule nu se verifică în mod satisfăcător pentru cărbunii din bazinul Oltenia-Nord.

Orientativ poate fi folosită formula (1).

S-au obținut diferențe mai mici cu ajutorul unei formule (3), stabilită de ICEMENERG.

Astfel, în cazul probelor cercetate s-a aplicat relația:

$$m_H = 52{,}020 + 37{,}091 \ln m_{VTI} \qquad (3)$$

Conform relației (3) s-au obținut diferențe mici ale coeficienților de măcinabilitate calculați față de cei determinați, rezultatele fiind prezentate în tabelul 3.

Pentru bazinul Oltenia-Nord s-a determinat o variație a indicelui de măcinabilitate: m_{VTI} de la 0,71 la 1,00 și ($m_H = 30-50$) pentru un domeniu de variație a puterii calorice de la 1350—1550 kcal/kg.

Tabelul 3

Corelații între coeficienții de măcinabilitate determinați prin metodele VTI, Hardgrave și ICEMENERG

Nr. crt.	Denumirea probei	Coeficient VTI exp.	Coeficient Hardgrave exp.	Coeficient Hardgrave calculat	ΔH*)
1	Poiana 1	0,901	47,91	48,153	−0,243
2	Poiana 2	0,922	49,08	49,008	0,072
3	Poiana 3	1,010	56,60	52,589	4,211
4	Tismana 1	1,110	59,66	55,891	3,769
5	Tismana 2	1,106	60,10	55,957	4,349
6	Gîrla 1	1,273	59,90	66,973	−1,075
7	Gîrla 2	1,098	56,89	55,488	1,402
8	Gîrla 3	1,067	57,71	54,425	3,285
9	Roșia	1 132	53,08	56,619	−3,534
10	Motru-Vest	1,264	57,75	60,710	−2,960
11	Lupoaia-mină	0,914	58,32	48,685	1,635
12	Lupoaia-carieră	0,796	43,18	43,557	−0,377
13	Ploștina				
14	Leurda	1,054	50,91	53,971	−3,061
15	Roșiuța	0,744	39,88	41,052	−1,172
16	Horăști	0,812	45,38	44,296	1,084
17	Jilț	0,846	47,22	45,817	1,402
		0,701	36,93	38,844	−1,914

*) ΔH reprezintă diferența între valorile coeficientului de măcinabilitate Hardgrave determinat experimental și cel obținut din calcul, după formula elaborată de ICEMENERG.

Se recomandă a fi luat în considerație, pentru reproiectarea morilor, indicele de măcinabilitate minim $m_{VTI} = 0{,}71$ și, respectiv, $m_H = 30$.

Bibliografie

[1] Pănoiu, N. *Valorificarea prin ardere a combustibililor inferiori*. Editura tehnică, București, 1977.

[2] Chercea, Gh. și Totolo, Cr. *Verificarea condițiilor de funcționare a morilor de cărbune (debit și finețe) și stabilirea caracteristicilor instalațiilor de măcinare modificate*. Studiu ICEMENERG, 1980.

(Articol intrat în redacție la 4 noiembrie 1981)

Reducerea consumului propriu de energie electrică în producerea şi livrarea energiei termice

Ing. Vl. Nicu *)

Producerea şi livrarea de energie termică (abur tehnologic şi apă fierbinte) la CET complexe reclamă importante consumuri de putere şi energie electrică. Aceste consumuri proprii sînt influenţate, în limite largi, de structura energiei termice produse şi livrate, de concepţia instalaţiilor care asigură circulaţia agenţilor termici în contururile schemei termomecanice, de factorii externi (condiţiile climatice şi consumatorii termici) şi de cei subiectivi, depinzînd de personalul de deservire.

Pe linie de mers economic în întreprinderile de centrale se planifică, pe lîngă alţi indicatori tehnico-economici, şi norma de consum kWh/Gcal în producerea şi livrarea energiei termice.

Pînă în prezent nu s-a adoptat un sistem analitic, care să permită considerarea consumului propriu termic în legătură cu variaţia parametrilor energiei termice şi, în acelaşi timp, să exprime sensul variaţiei indicelui de consum menţionat.

În primul rînd nu se urmăreşte o separare exactă a consumului propriu de energie aferent termoficării de cel aferent producerii energiei electrice, ci o exprimare mai adecvată a situaţiilor ce pot interveni în variaţia celui dintîi, respectiv definirea măsurilor de bază pentru combaterea supraconsumurilor nejustificate de energie.

Este cunoscut că CET alimentează cu abur tehnologic şi cu căldură, prin apă fierbinte, mari consumatori de zonă. Pentru îndeplinirea acestei funcţii, turbinele sînt prevăzute cu prize reglabile de medie şi joasă presiune, fiecare din acestea fiind caracterizată de familii de curbe, reprezentînd producţia specifică de energie electrică, Y_m, pentru 1 Gcal livrată. Totodată se livrează abur tehnologic prin staţii de reducere-răcire, mai cu seamă la vîrfurile de consum, iar prin cazane de apă fierbinte (CAF) se preiau vîrfurile de consum din reţeaua de apă fierbinte.

La un moment dat al livrării de energie termică, puterile ce se consumă în contururile tehnologice ale CET se datorează :

— nereturnării integrale a condensatului din aburul tehnologic livrat :

$$p_L = (D_L - D_R)\zeta_L ; \qquad (1)$$

— circulaţiei apei fierbinţi în reţeaua de termoficare :

$$p_r = W_r \cdot \zeta_r ; \qquad (2)$$

— compensării pierderilor de apă şi căldură în reţeaua de termoficare :

$$p_A = D_A \cdot \zeta_A ; \qquad (3)$$

— livrării de abur prin SRR :

$$p_{SRR} = D_{SRR} \cdot \zeta_{SRR} \qquad (4)$$

— livrării de căldură prin CAF :

$$p_{CAF} = Q_{CAF} \cdot \zeta_{CAF} ; \qquad (5)$$

— solicitării mai accentuate a unui ciclu termic combinat faţă de acelaşi ciclu funcţionînd în condensaţie :

$$p_t = \left(\frac{Q_k + \Delta Q}{Q_k} - 1\right)(P^k_{SI} - \Delta P^{\tau}_{SI} - \Delta P^{CP}_{SI}) =$$

$$= \frac{1 - \Delta q \cdot Y_m}{Q_k}(P^k_{SI} - \Delta P^{\tau}_{SI} - \Delta P^{CP}_{SI})\, Q_T \qquad (6)$$

În relaţiile (1)...(6) notaţiile adoptate au următoarele semnificaţii :

D_L — debitul de abur livrat, t/h ;
D_R — debitul de condensat returnat, t/h ;
ζ_L — consumul specific de energie electrică al conturului, kWh/t ;
ΔQ — solicitarea termică suplimentară a ciclului termic datorită termoficării, Gcal/h ;
W_r — debitul de apă din reţeaua de termoficare, t/h ;
ζ_r — consumul specific aferent conturului reţelei de termoficare, kWh/t ;
D_A — adaosul de apă tratată introdus în reţea, t/h ;
ζ_A — consumul specific aferent conturului apei de adaos, kWh/t ;
D_{SRR} — debitul de abur livrat prin staţiile de reducere-răcire, t/h ;
ζ_{SRR} — consumul specific aferent conturului staţiilor de reducere-răcire, kWh/t ;
Q_{CAF} — căldura livrată prin CAF, Gcal/h ;
ζ_{CAF} — consumul specific propriu al conturului CAF, kWh/Gcal ;
Δq — diferenţa între consumul specific în condensaţie şi cel în contrapresiune, kcal/kWh ;
Y_m — producţia specifică de energie electrică corespunzătoare unei Gcal livrate prin prizele reglabile ale turbinelor, kWh/Gcal ;
Q_T — energia termică livrată în regim de termoficare, Gcal/h ;
P^k_{SI} — consumul propriu electric pe centrală în regim de condensaţie, kW ;
ΔP^{τ}_{SI} — reducerea consumului propriu al CET în sezonul rece, kW ;

*) Ing. Vladimir Nicu lucrează la Centrala electrică de termoficare Brazi.

ΔP_{SI}^{CP} — corecția la consumul propriu al CET datorită turbogeneratoarelor în contrapresiune, kW.

Considerînd un interval de timp, τ, în care consumurile interne de putere pentru producerea și livrarea energiei termice sînt simultane, se pot scrie relațiile:

$$E_{SI}^{T} = \int_0^{\tau} (\Sigma p)\, d\tau, \tag{7}$$

respectiv

$$Q_{\Sigma} = \int_0^{\tau} Q\, d\tau,$$

$$Q = Q_T + Q_{SRR} + Q_{CAF}, \tag{8}$$

$$Q_T = Q_{ab} + Q_{af},$$

în care

Q_{ab} este energia termică livrată prin abur tehnologic prelevat din prizele reglabile ale turbinelor, Gcal/h;

Q_{af} — căldura livrată prin boilerele de bază și de vîrf, Gcal/h;

Q_{SRR} — energia termică livrată prin abur din stațiile de reducere-răcire, Gcal/h;

τ — perioada de livrare simultană a componentelor energiei termice totale, h.

Raportul între relațiile (7) și (8) reprezintă consumul specific de energie electrică în producerea și livrarea energiei termice:

$$C_T^1 = \frac{E_{SI}^T}{Q_{\Sigma}} \text{ [kWh/Gcal]} =$$

$$= \frac{\int_0^{\tau_1} \left[(D_L - D_R)\zeta_L + W_r \cdot \zeta_r + D_{SRR} \cdot \zeta_{SRR} + Q_{CAF} \cdot \zeta_{CAF} + D_A \cdot \zeta_A + \frac{1 - \Delta q \cdot Y_{m1}}{Q_k} (P_{SI}^k - \Delta P_{SI}^{\tau} - \Delta P_{SI}^{CP}) Q_T \right] d\tau}{\int_0^{\tau_1} (Q_T + Q_{SRR} + Q_{CAF})\, d\tau} \tag{9}$$

Examinînd relația (9), se constată că măsurile fundamentale care, prin aplicarea lor, fac posibilă reducerea consumului specific de energie e_T pot fi grupate astfel:

— creșterea debitului de condensat returnat, D_R;

— aplicarea reglajului calitativ al diagramei livrării de căldură prin apă fierbinte, corelat cu parametrii mediului exterior;

— îmbunătățirea etanșeității și izolației rețelelor de termoficare;

— reducerea gradului de utilizare al stațiilor de reducere-răcire;

— creșterea gradului de termoficare al CET prin utilizarea la maximum a prizelor reglabile de joasă presiune;

— trecerea în rezervă a receptoarelor de energie a căror utilizare scade la minimum în sezonul rece etc.

Consumurile specifice, e_T, exprimate mai sus, variază practic permanent, ca urmare a variației debitelor de apă, abur și a debitelor calorice din contururile tehnologice, respectiv a consumurilor proprii, incluse în relațiile (9), (10), (11).

În tabelul 1 se exemplifică trei cazuri particulare ale consumurilor specifice (kWh/Gcal) e_T^1, e_T^2, e_T^3, ale căror valori constituie limite de variație pentru perioade caracteristice de producere și livrare a energiei termice în cursul unui an.

Este important de subliniat că puterea cedată (cote-părți din consumul pompelor de condensat, pompelor de transvazare, pompelor de alimentare, ventilatoarelor de gaze de ardere și aer etc.) de ciclul termic activității de termoficare are o influență deosebită asupra consumului specific e_T. Astfel, acest consum scade cu cît Q_T include în sine mai multă energie termică livrată prin prizele de joasă presiune ale turbinelor (deci Y_m devine mai mare) și cu cît utilizarea instalațiilor din cadrul serviciilor interne este mai rațională (deci ΔP_{SI}^{τ} este mai mare).

Relația (9) reflectă regimul maxim de livrare a energiei termice din CET către consumatorii termici. Condițiile climatice și variațiile sezoniere, ce intervin în livrarea de abur tehnologic și de căldură (apă fierbinte), introduc modificări importante în cadrul sumei termenilor expresiei (9), putînd rezulta alte două expresii caracteristice:

$$e_T^2 = \frac{\int_0^{\tau_2} \left[(D_L - D_R)\zeta_L + D_{SRR} \cdot \zeta_{SRR} + \frac{1 - \Delta q \cdot Y_{m2}}{Q_k} (P_{SI}^k - \Delta P_{SI}^{CP}) Q_{ab} \right] d\tau}{\int_0^{\tau_2} (Q_{ab} + Q_{SRR})\, d\tau} \tag{10}$$

$$e_T^3 = \frac{\int_0^{\tau_3} \left[(D_L - D_R)\zeta_L + W_r^{min} \cdot \zeta_r + D_A \cdot \zeta_A + D_{SRR} \cdot \zeta_{SRR} + \frac{1 - \Delta q \cdot Y_{m3}}{Q_k} (P_{SI}^k - \Delta P_{SI}^{CP}) Q_T \right] d\tau}{\int_0^{\tau_3} (Q_{ab} + Q_{af}^{min} + Q_{SRR})\, d\tau} \tag{11}$$

Tabelul 1

	1	2	3
D_L(t/h)	650	450	450
D_R(t/h)	145	120	120
ζ_L(kWh/t)	1,1	1,1	1,1
W_r (t/h)	9 000	0	800
ζ_r (kWh/t)	0,832	—	0,832
D_A(t/h)	150	0	50
ζ_A (kWh/t)	0,91	—	0,91
D_{SRR}(t/h)	75	65	65
ζ_{SRR}(kWh/t)	6/27,6	6/26,6	6/26,6
Q_{CAF}(Gcal/h)	200	0	0
ζ_{CAF}(kWh/Gcal)	0,96	—	—
Δq (kcal/kWh)	1 425	1 425	1 425
Y_m (kWh/Gcal)	353	245	280
Q_k(Gcal/h)	1 040	1 040	1 040
$P_{SI}^k - \Delta P_{SI}^{CP}$ (kW)	23 240	23 240	23 240
ΔP_{SI}^{Σ} (kW)	3 600	0	0
Q_T (Gcal/h)	869	270	286
Q_{SRR} (Gcal/h)	54	45,5	45,5
$e_T^{1,2,3}$(kWh/Gcal)*)	11,3/12,65	12,9/17,1	16,4/20,3

*) Consumurile specifice majorate de la numitor se datorează punerii în funcțiune a unei pompe de alimentare cu apă a cazanelor în scopul măririi gradului de siguranță.

Concluzii

Indicele de consum specific kWh/Gcal este, în primul rînd, o funcție proprie a fiecărei CET. Metoda de stabilire a variației acestui indice, prezentată mai sus, se adaptează oricărei CET sau CT, cu condiția considerării corecte a contururilor tehnologice, în care se produc consumuri de energie electrică datorate producerii și livrării energiei termice.

Eficiența economică, din acest punct de vedere a unei CET, este cu atît mai însemnată, cu cît e_T este mai scăzut, astfel că o parte din energia produsă, în loc să se consume intern, este livrată sistemului energetic.

(Articol intrat în redacție la 28 noiembrie 1981)

Influența variației debitului de apă de răcire asupra funcționării circuitului de răcire al unei centrale electrice

Ing. C. Dumitru *)

Lucrarea de față ia în considerare variația debitului de apă de răcire la condensatorul unei turbine cu abur în cadrul unui circuit de răcire închis sau deschis.

Importanța unui astfel de studiu apare în exploatarea centralelor termo sau nucleare-electrice, cînd, din diferite motive, debitul de apă de răcire se modifică față de valoarea de proiect. Acest lucru se întîmplă fie din cauze nedorite, cum ar fi : nefuncționarea la parametri corespunzători a pompelor sau a rețelei hidraulice (înfundări, depuneri pe țevi, blocări de vane și clapete, variații de nivel etc.), fie din cauze cerute de mersul economic al centralei pe partea rece.

În cele ce urmează se va urmări să se evidențieze modul de variație a temperaturii de condensare, ca element ce sintetizează toate influențele parțiale cauzate de modificarea debitului de apă de răcire asupra condensatorului și turnului de răcire.

Pentru ca studiul să prezinte un caracter cît mai general, debitul de apă de răcire a fost exprimat în procente din debitul nominal.

1. Variația temperaturii de condensare în raport cu debitul de apă de răcire

Se consideră că centrala este echipată cu condensator de abur de suprafață, răcirea realizîndu-se fie cu turn de răcire umed (circuit închis), fie cu apă de rîu (circuit deschis).

Temperatura de condensare se poate scrie astfel (fig. 1) :

$$t_c = t_i + \Delta t + \delta t \qquad (1)$$

*) Ing. Constantin Dumitru este cercetător științific la ICEMENERG.

Pentru semnificația diferiților termeni se va consulta lista de notații.

Pentru a obține numai influența variabilei D_r, se va deriva relația (1) în raport cu aceasta :

$$\frac{\partial t_c}{\partial D_r} = \frac{\partial t_i}{\partial D_r} + \frac{\partial \Delta t}{\partial D_r} + \frac{\partial \delta t}{\partial D_r} \qquad (2)$$

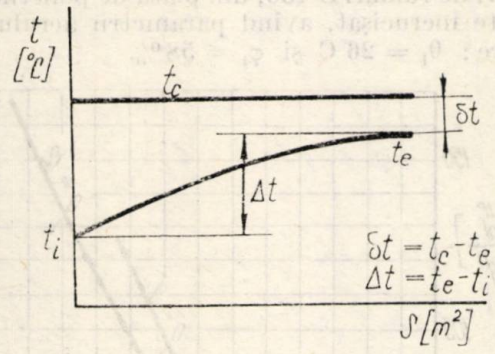


Fig. 1. Evoluția temperaturii agenților termici în condensator.

Din dorința unei generalizări, se va exprima relația (2) în funcție de parametrul $d = \frac{D_r}{D_{r\,nom}} \cdot 100\,\%$, care reprezintă debitul de răcire momentan în procente din cel nominal :

$$\frac{\partial t_c}{\partial d} = \frac{\partial t_i}{\partial d} + \frac{\partial \Delta t}{\partial d} + \frac{\partial \delta t}{\partial d} \qquad (3)$$

Mai departe se va încerca exprimarea analitică a termenilor din membrul drept al relației (3), în funcție de debitul d, de încărcarea termică a condensatorului, y, și de coeficientul de murdărire, a.

Scopul final este acela de a obține o relație integrală pentru t_c și, respectiv, valoarea lui Δt_c cu care se modifică temperatura de condensare datorită modificării debitului de apă.

1.1. *Studiul variației* $\partial\delta t/\partial d$

Valoarea ecartului terminal de temperatură, δt (dintre abur și apă la ieșirea din condensator), denumită și „cădere termică", se poate determina astfel :

$$\delta t = \frac{\Delta t}{e^{K \cdot S/c \cdot D_r} - 1} \text{ [grd]} \qquad (4)$$

Deoarece Δt și K sînt funcții de D_r, respectiv de d, relația care rezultă prin derivare, $\partial\delta t/\partial d$, este complicată. De aceea s-a făcut un calcul numeric pentru condensatorul unui grup de 200 MW aflat la diferite grade de murdărire ($a = 0{,}4 \div 1$). S-au trasat mai întîi curbele $\delta t = f(d,\ a)$ și apoi, asimilîndu-se cu niște drepte, s-a determinat panta și, respectiv, derivata $\frac{\partial \delta t}{\partial d}$ [grd/%], reprezentată în figura 2, avînd ca parametru în cîmp valoarea coeficientului y, de încărcare termică a condensatorului. Ecuația generalizată pentru curbele din figura 2 este :

$$\frac{\partial \delta t}{\partial d} = -\,0{,}014 y \cdot a^{-2{,}146} \text{ [grd/\%]} \qquad (5)$$

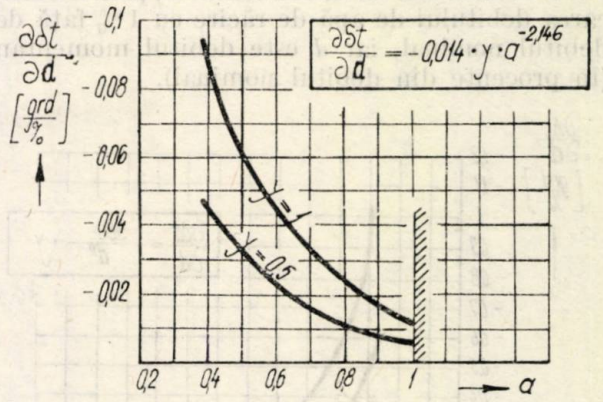


Fig. 2. Variația căderii termice funcție de gradul de murdărire al condensatorului și de încărcarea termică a acestuia.

Această ecuație ne furnizează modificarea valorii momentane a căderii termice, δt, cînd debitul de apă de răcire se modifică cu 1% din debitul nominal.

Se observă că valoarea derivatei din ecuația (5) nu depinde practic de debitul momentan de răcire și nici de nivelul de temperatură al apei de răcire.

1.2. *Studiul variației* $\partial\Delta t/\partial d$

Deoarece ponderea covîrșitoare asupra creșterii temperaturii apei de răcire în centrala termoelectrică o are condensatorul, se va scrie următoarea relație de calcul pentru Δt :

$$\Delta t = \frac{Q_{condensator}}{c \cdot D_r} = \frac{D_v \cdot r \cdot x}{c \cdot D_r} = \frac{D_v \cdot r \cdot x}{c \cdot D_{r\,nom} \frac{d}{100}} \text{ [grd]}, \qquad (6)$$

Derivînd, se obține :

$$\frac{\partial \Delta t}{\partial d} = -\frac{D_v \cdot r \cdot x}{c \cdot \frac{D_{r\,nom}}{100} \cdot d^2} \text{ [grd]} \qquad (7)$$

De data aceasta se observă o dependență foarte accentuată a variației $\partial\Delta t/\partial d$, în funcție de D_r, respectiv de d, cît și independență față de gradul de murdărire al condensatorului.

Exemplificînd pentru un grup de 200 MW, se obține următoarea relație de calcul pentru $\partial\Delta t/\partial d$:

$$\frac{\partial \Delta t}{\partial d} = -\frac{950}{d^2} \cdot y \text{ [grd/\%]} \qquad (8)$$

Observație. Valoarea coeficientului numeric din ecuația (8) depinde de valorile lui r și x, dar și de debitul nominal al apei de răcire a condensatorului (valoare de proiect). De aceea acest coeficient poate să varieze în anumite limite pentru alte cazuri concrete.

Valoarea furnizată de ecuația (8) (respectiv de figura 3) reprezintă cu cît se modifică intervalul de încălzire Δt în condensator, prin modificarea debitului de apă de răcire cu 1% față de debitul nominal, iar d este debitul momentan (în procente din debitul nominal).

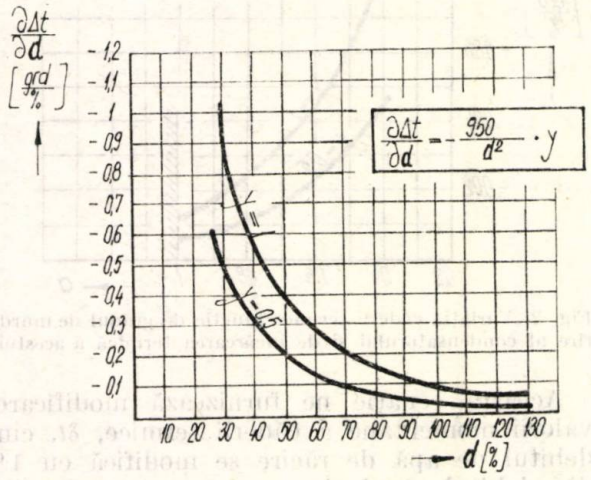


Fig. 3. Variația încălzirii apei în condensator funcție de debitul de răcire (în procente din debitul nominal).

1.3. *Studiul variației* $\partial t_i/\partial d$

a) Pentru o CTE în *circuit deschis*, desigur că $\frac{\partial t_i}{\partial d} = 0$, deoarece temperatura t_i a apei la intrarea în condensator este cea furnizată de emisar.

b) Pentru o CTE echipată cu *turnuri de răcire* (circuit închis), valoarea temperaturii la intrarea în condensator este temperatura apei răcite în turn, care este dependentă de tipul turnului, de starea lui tehnică, de sarcina sa termică și hidraulică, cît și de caracteristicile mediului ambiant (temperatură, umiditate, vînt etc.).

Interesează acum ce se întîmplă cu temperatura apei răcite de turn în cazul în care se modifică numai debitul de apă de răcire, respectiv densitatea de stropire a turnului.

Cazul turnurilor cu tiraj forțat în contracurent

Menținînd constantă sarcina termică a turnului și micșorînd densitatea de stropire, se obține o apropiere mai bună a temperaturii apei răcite față de limita de răcire (τ). Aceasta se explică prin faptul că, prin creșterea lui Δt și deci a temperaturii medii a apei, picătura sau pelicula de apă sînt supuse unor gradienți de temperatură și presiuni parțiale ale vaporilor mai mari ca înainte de micșorarea debitului de răcire, cît și datorită creșterii debitului de aer vehiculat prin TTF datorită micșorării rezistențelor aerodinamice.

Pentru exemplificare se dă, în figura 4, variația apropierii ($A = t_i - \tau_1$) funcție de sarcina termică specifică și densitatea de stropire pentru o celulă cu tiraj forțat echipată cu șapte rînduri de rulouri Ø 150, din plasă de polietilenă, așezate încrucișat, avînd parametrii aerului la intrare: $\theta_1 = 26°C$ și $\varphi_1 = 58\%$.

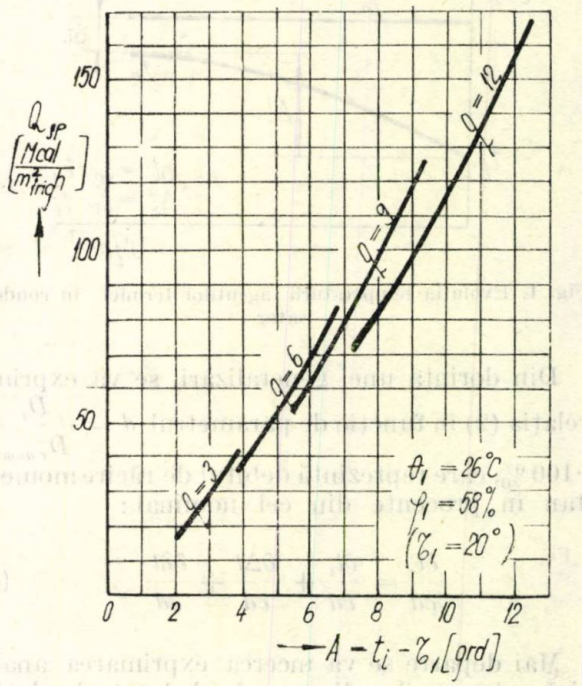


Fig. 4. Apropierea funcție de sarcina termică specifică și d densitatea de stropire, la o celulă cu tiraj forțat echipat cu rulouri din polietilenă.

Chiar dacă, în principiu, pentru TTF s obține o scădere a temperaturii apei răcite (t_i odată cu micșorarea debitului de apă prin turn se consideră că aceasta este mică, din cauz înrăutățirii uniformității și fineții pulverizăr (mai ales în situația duzelor îndreptate în sus mai ales dacă turnul este echipat cu altă umplu tură decît rulouri de polietilenă, cînd p apărea neuniformități mari ale distribuției ap și aerului în umplutură odată cu scădere densității de stropire).

De aceea pentru TTF se consideră $\partial t_i/\partial d \approx$ urmînd ca, eventual în altă lucrare, să se stu dieze în detaliu și această problemă.

Cazul turnurilor cu tiraj natural în contracure

Din măsurătorile efectuate la TTN în explo tare a rezultat că micșorarea densității de str pire în condițiile păstrării aceleiași sarcini te mice pe turn afectează puțin temperatura ap răcite, respectiv apropierea de temperatu termometrului umed.

Acest lucru se datorează neuniformității în distribuția apei și aerului și înrăutăți

finețiii de pulverizare atunci cînd densitatea de stropire scade.

Pentru ilustrare se prezintă în figura 5 modul în care variază apropierea funcție de sarcina termică a turnului și densitatea de stropire la un TTN de la Rafinăria „9 Mai" din Ploiești, echipat cu opt rînduri de rulouri din plasă de polietilenă.

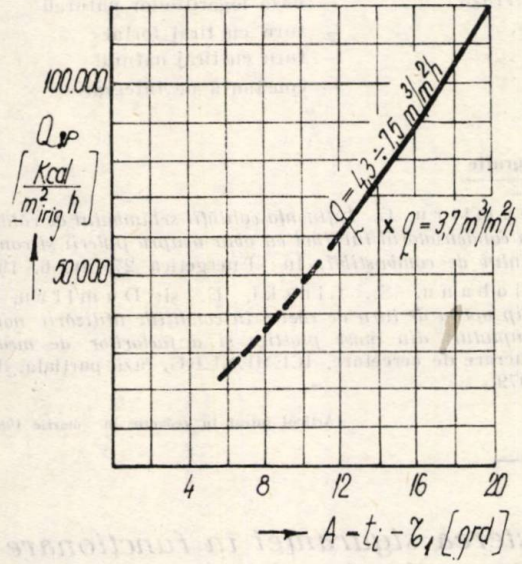


Fig. 5. Apropierea funcție de sarcina termică și densitatea de stropire la un turn cu tiraj natural 1200 m³/h.

Deci, în primă aproximație, și pentru TTN se poate spune că $\frac{\partial t_i}{\partial d} \approx 0$.

Cu ajutorul relațiilor (3), (5) și (8) se poate scrie:

$$\frac{\partial t_c}{\partial d} \simeq -0{,}014 \cdot y \cdot a^{-2{,}146} - \frac{950}{d^2} \cdot y \quad (30)$$

Integrînd, se obține:

$$t_c \simeq -0{,}014 \cdot a^{-2{,}146} \cdot d + \frac{950}{d} \cdot y + C \quad (10)$$

Pornind de la ecuația (10), se poate determina schimbarea temperaturii de condensare față de valoarea existentă la debit nominal de răcire (prin scădere, constanta C dispare):

$$\Delta t_c \simeq 0{,}014 \cdot a^{-2{,}146}(100-d) + 950 \cdot y \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{100}\right) \quad (11)$$

Deci relația integrală (11) ne furnizează cu cît crește temperatura de condensare dacă debitul de apă de răcire în circuit s-a modificat de la $d = 100\,\%$ la valoarea d oarecare. În figura 6 s-a prezentat relația analitică (11).

Exemplu de calcul

Se presupune $y = 0{,}9$; $a = 0{,}7$; $d = 75$ %

$$t_c \simeq 0{,}014 \cdot 0{,}9\ (0{,}7)^{-2{,}146}(100 - 75) + 950.0{,}9\left(\frac{1}{75} - \frac{1}{100}\right) 3{,}53 \text{ grd.}$$

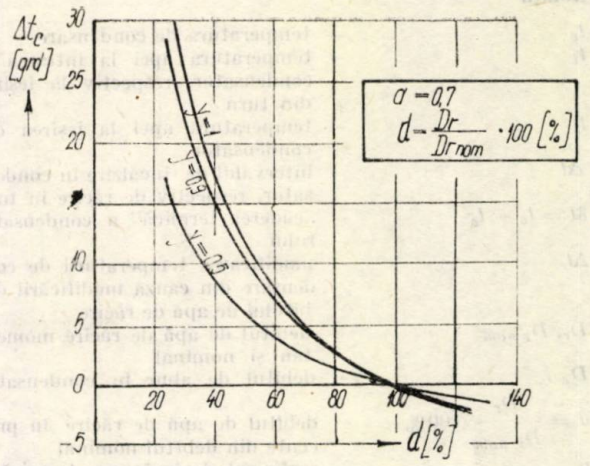


Fig. 6. Variația temperaturii de condensare prin modificarea debitului de apă de răcire (în procente din debitul nominal).

Rezultă că prin modificarea debitului de la 100 % la 75 % temperatura de condensare a crescut cu 3,53 grd, în condițiile neglijării efectului turnurilor de răcire.

Concluzii

a) Relația analitică de calcul (11) pentru modificarea temperaturii de condensare, stabilită în lucrare, se poate aplica circuitului de răcire deschis (cu apă de rîu), iar cu oarecare aproximație și circuitului de răcire închis (cu turnuri de răcire umede), ambele echipate cu condensatoare de suprafață. Relația a fost determinată pentru condensatorul unui grup de 200 MW, dar exprimarea procentuală permite extinderea și la alte capacități.

b) Din lucrare a reieșit că la schimbarea debitului de apă de răcire, principala cauză a modificării temperaturii de condensare o constituie modificarea încălzirii apei de răcire în condensator (Δt).

c) Prin modificarea densității de stropire în limite rezonabile și menținerea neschimbată a sarcinii termice nu se obțin modificări prea mari ale temperaturii apei răcite de turn (atît la TTF cît și la TTN).

d) Sensibilitatea temperaturii de condensare față de modificarea debitului de apă de răcire scade cu scăderea sarcinii ($y < 1$) și crește cu creșterea gradului de murdărire al condensatorului ($a < 1$).

În încheiere se poate spune că putem avea în vedere o reducere voită a debitului de apă de răcire (oprirea unor pompe etc.) numai dacă condensatorul se află în stare curată, iar sarcina grupului (respectiv condensatorului) este redusă.

Desigur că sezonul de iarnă este mai propice unor astfel de manevre în circuitul de răcire, datorită sensibilității mai mici a turbinei în raport cu temperatura de condensare, la un nivel mai coborît al acestei temperaturi.

Notații

t_c — temperatura de condensare
t_i — temperatura apei la intrarea în condensator, respectiv la ieșirea din turn
t_e — temperatura apei la ieșirea din condensator
Δt — intervalul de încălzire în condensator, respectiv de răcire în turn
$\delta t = t_c - t_e$ — „căderea termică" a condensatorului
Δt_c — modificarea temperaturii de condensare din cauza modificării debitului de apă de răcire
D_r, $D_{r\,nom}$ — debitul de apă de răcire momentan și nominal
D_v — debitul de abur în condensator
$d = \frac{D_r}{D_{r\,nom}} \cdot 100\,\%$ — debitul de apă de răcire în procente din debitul nominal
y — coeficient de încărcare termică a condesatorului (adimensional) $y \leqslant 1$
K — coeficient global de schimb de căldură în condensator
a — coeficient de murdărire al țevilor condensatorului (adimensional)

$$\left(a = \frac{K\ global\ cu\ depuneri}{K\ global\ fără\ depuneri}\right)$$

S — suprafața de schimb de căldură a condensatorului
c — căldura specifică a apei
r — căldura latentă de vaporizare a apei
$Q_{condensator}$ — căldura evacuată în condensator, respectiv în turnul de răcire
x — conținutul în vapori al aburului (titlul aburului)
$e = 2{,}71828$ — baza logaritmilor naturali
TTF — turn cu tiraj forțat
TTN — turn cu tiraj natural
C — constantă de integrare

Bibliografie

[1] Dumitru, C. *Influența calității schimbului de căldură în condensatorul turbinei cu abur asupra puterii și consumului de combustibil.* În: Energetica 27, nr. 6, 1979.

[2] Ciobanu, S., Cinski, E. și Dumitru, C. *Tip optim de turn de răcire în condițiile utilizării noilor umpluturi din mase plastice și a factorilor de mediu.* Lucrare de cercetare, ICEMENERG, fază parțială, dec. 1979.

(Articol intrat în redacție în martie 1980)

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

Compensarea puterii reactive în condițiile regimului deformant

Ing. **Horia Măriș** și ing. **Marius Popescu** *)

Regimul electroenergetic de funcționare, în care cel puțin una dintre mărimile electrice tensiune și curent nu este sinusoidală se numește regim deformant [1].

Cauza producerii regimului deformant o constituie aparatele deformante de prima categorie (mutatoarele de orice tip, cuptoarele electrice cu arc, bobinele cu miez de fier, liniile electrice de înaltă tensiune etc.). Fenomenele deformante sînt amplificate de aparatele deformante de a doua categorie (baterii de condensatoare, linii electrice) cînd sînt alimentate cu tensiune alternativă nesinusoidală [1].

Efectele regimului deformant sînt negative [1] — [5] și de aceea trebuie întreprinse măsuri de limitare a lor.

1. Reglementări privind regimul deformant

Intrarea în vigoare la 1 martie 1980 a PE 143/80 „Normativ privind limitarea regimului deformant" a fost impusă de creșterea accentuată a puterii consumatorilor deformanți instalați în sistemul electroenergetic românesc.

Stabilirea unor niveluri limită admise și a măsurilor pentru prevenirea și limitarea regimului deformant reflectă preocuparea electroenergeticienilor din țara noastră atît pentru calitatea energiei electrice livrate, cît și pentru economisirea ei.

Se remarcă faptul că, așa cum rezultă și din tabelul prezentat, reglementările prevăzute în PE 143/80 sînt în concordanță cu tendințele ce se manifestă în acest domeniu pe plan mondial, ele înglobînd, de altfel, munca unor înaintași de seamă ai electrotehnicii românești, cum sînt acad. C. I. Budeanu și prof. dr. doc. I. S. Antoniu, membru corespondent al Academiei R.S.R.

Parcurgînd o parte din numărul mare de specificații naționale și internaționale [4] avînd ca scop protejarea echipamentelor, a căror bună funcționare necesită alimentarea cu tensiune sinusoidală, de sursele care generează curenți armonici, se pot face următoarele constatări:

— nivelul tensiunii la care este conectat aparatul deformant are un efect direct în reglementările britanice, japoneze, românești și suedeze;

— rangul armonicilor luate în considerare diferă de la țară la țară, rangul minim fiind

*) Ing. Horia Măriș lucrează în cadrul Centralei industriale de rețele electrice (CIRE); ing. Marius Popescu este cercetător științific la ICEMENERG.

Tabelul 1

Reglementări privind regimul deformant

Țara	Tensiunea rețelei (kV)	Rangul armonicilor	Distorsiunea tensiunii		Efecte atribuite regimului deformant
			Limite individuale	Limită totală	
Australia	220	2—25	1%	3% (aritm.)	Interferențe în rețele telefonice Supratensiuni armonice
Canada	12,5 69 138	2—50	1%	4% (aritm.)	Perturbarea recepției TV Interferențe în rețele telefonice
CENELEC (Elveția, Italia, Norvegia)	220/380 V 240/415 V	2—40	3 —0,85% 5 —0,65% 7 —0,60% 9 —0,40% 11—0,40% 13—0,30% 15÷39 (imp) 0,25% 2 ÷40 (par) 0,20%	—	Perturbarea recepției TV Interferențe în rețele telefonice Perturbarea instalațiilor de telecomandă centralizată
Finlanda	⩾110	2—∞	1%	1,5% (ef.)	Pierderi suplimentare în rețele Interferențe în rețele telefonice
Franța	—	2—∞	par—1% imp.—0,6%	1,6% (ef.)	Pierderi suplimentare în bateriile de condensatoare Supratensiuni armonice
Japonia	11—66 ⩾154	?	1% 0,5%	2% (ef.) 1% (ef.)	Pierderi suplimentare în bateriile de condensatoare
Marea Britanie	⩽132	2—25		2,5%	Pierderi suplimentare în bateriile de condensatoare Supratensiuni armonice
	<1	2—25	3—0,85% 5—0,65% 7—0,60% 9—0,40% 11—0,40% 13—0,30% 15÷25 (imp) 0,25% 2 ÷24 (par) 0,20%	2% (ef.)	Pierderi suplimentare în rețele Creșterea erorilor contoarelor de energie activă
România	1—35	2—25	3—1% 5—2,5% 7—2,5% 9—1% 11—1,5% 13—1,5% 15÷25 (imp) 1% 2 ÷24 (par) 0,6%	4% (ef.)	Suprasolicitarea bateriilor de condensatoare Scăderea randamentelor motoarelor Perturbarea funcționării releelor Perturbarea instalațiilor de telecomandă
	⩾110	2—25	3—0,8% 5—2% 7—2% 9—0,8% 11—1% 13—1% 15÷25 (imp) 0,8% 2 ÷24 (par) 0,5%	3% (ef.)	Interferențe în rețele telefonice, în instalațiile de transmisie prin înaltă frecvență și perturbarea recepției TV
	250/430 V	2—25	3%	4% (ef.)	Interferențe în rețele telefonice
Medie	3,3—24	2—25	2,5%	3% (ef.)	Perturbarea instalațiilor de telecomandă centralizată
	36—72	2—25	1,5%	2% (ef.)	
	⩾ 84	2—25	0,7%	1% (ef.)	

egal cu 2, în timp ce rangul maxim poate atinge 25 sau 50;

— cele mai multe reglementări fixează o valoare-limită maximă pentru fiecare tensiune armonică;

— distorsiunea totală a undei de tensiune este limitată prin două criterii: criteriul valorii efective (similar PE 143/80) sau criteriul aritmetic (suma aritmetică a armonicilor);

— amplitudinea maximă a curenților armonici injectați în rețeaua de curent alternativ nu este în general specificată și acest criteriu nu este utilizat decît dacă se cunoaște precis impedanța rețelei la frecvența corespunzătoare armonicii respective.

2. Compensarea puterii reactive și atenuarea regimului deformant

Pentru compensarea puterii reactive se pot utiliza compensatoare sincrone sau echipamente de compensare statice (de obicei condensatoare-șunt).

În comparație cu compensatoarele sincrone, condensatoarele-șunt necesită o investiție inițială pe MVAr inferioară, sînt echipamente mai simple, mai fiabile, întreținerea lor este mai ieftină, iar pierderile sînt mai mici [4]. Pe de altă parte, deși ele constituie aparate deformante de categoria a doua, utilizarea lor este compatibilă cu necesitatea filtrării curenților armonici, ele fiind elemente de bază în construcția filtrelor utilizabile în electroenergetică [2] — [5].

În toate cazurile în care rezultă necesitatea compensării puterii reactive și atenuării regimului deformant, acestea trebuie realizate economic, prin instalarea de filtre care să rezolve ambele probleme. Acest lucru este posibil deoarece efectul pe fundamentală al oricărui filtru constă în ridicarea valorii factorului de putere la barele la care se montează.

Strategia de urmat pentru rezolvarea concomitentă a ambelor probleme este următoarea:

1. *Determinarea caracteristicilor punctului de racord*

1.1. Necesarul de putere reactivă.

1.2. Spectrul și mărimea armonicilor de tensiune.

2. *Verificarea rețelei la rezonanță* și stabilirea frecvenței de la care rezonanța este admisă.

3. *Stabilirea frecvențelor de acord* a filtrelor trece-bandă.

4. *Dimensionarea filtrelor*

4.1. Determinarea numărului de unități de filtrare în funcție de cerințele aparatajului de comutație.

4.2. Realizarea acordului unităților de filtrare pe frecvențele stabilite.

4.3. Verificarea puterii reactive compensate de unitățile de filtrare pentru a evita supracompensarea.

4.4. Verificarea aparatajului de comutație

3. Filtre utilizabile în electroenergetică

Elementele constitutive principale ale filtrelor sînt condensatoarele și bobinele. Componenta rezistivă a bobinelor nu se poate neglija în toate cazurile, mai ales datorită faptului că ea este principala cauză a pierderilor în filtru și definește factorul de calitate al filtrului. Unele scheme de filtre conțin rezistoare prevăzute în mod special [4], [5].

Se poate afirma că, din punctul de vedere al efectului asupra armonicilor de curent, filtrele se împart în două categorii: filtre de absorbție și filtre de refulare.

Filtrele de refulare se prevăd în general pentru protejarea unui anumit element de circuit (sau chiar condensatorul din filtru) față de curenții armonici. Ele prezintă o impedanță ridicată pentru o anumită frecvență, deci curenții armonici de frecvența respectivă nu pot străbate filtrul, și în acest fel se protejează consumatorul din aval. Filtrele de refulare se realizează practic cu circuite serie LC sau paralel LC (fig. 1 *g*).

Principalul dezavantaj al filtrelor de refulare este faptul că nu reduc circulația de curenți armonici în sistemul electroenergetic și de aceea utilizarea lor este limitată la baterii de putere mică și la instalații vechi, existente.

Filtrele de absorbție prezintă o impedanță aproape nulă la una sau mai multe frecvențe astfel încît armonicile respective sînt practic „scurtcircuitate" și deci se reduce circulația

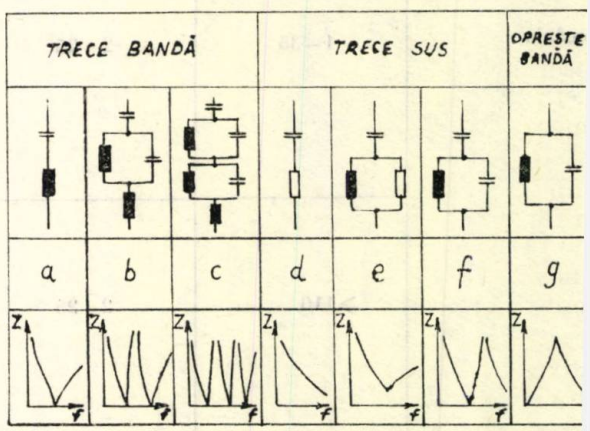


Fig. 1. Tipuri de filtre.

curenților armonici în elementele rețelei. Filtrele de absorbție sînt indicate atunci cînd, la locul de instalare (preferabil chiar pe bara de alimentare a consumatorului deformant), curenții

rmonici sînt suficient de bine cunoscuți prin măsurări.

Referitor la cel mai simplu filtru de absorbție realizat în practică, filtru trece-bandă (FTB) de ordinul 1 (fig. 1 a și fig. 2) se prezintă următoarele elemente de calcul [5]:

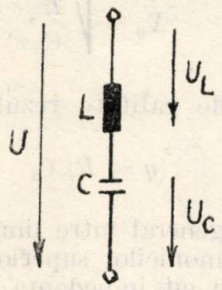


Fig. 2. Filtru trece-bandă de ordinul 1.

Tensiunea maximă posibilă pe condensator în regim staționar este dată de relația:

$$U_c = U \cdot \frac{n^2}{n^2 - 1}, \tag{1}$$

în timp ce

$$U_L \ll U_c \tag{2}$$

iar rangul armonicii filtrate este dat de relația:

$$n = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \frac{1}{\omega_1}, \tag{3}$$

în care

$$\omega_1 = 2\pi f_1, \tag{4}$$

f_1 fiind frecvența fundamentalei.

Filtrele de absorbție de acest tip se instalează începînd cu armonica cu rangul cel mai mic și care are valoarea cea mai mare (de obicei armonica de rang 5). De exemplu, în cazul instalațiilor de redresare de mare putere poate rezulta ca necesară instalarea cîte unui filtru absorbant pentru armonicile de rang 5, 7, 11 și 13 în cazul redresoarelor hexafazate, sau numai 11 și 13 în cazul redresoarelor dodecafazate.

În practică este dificil de acordat perfect un filtru de absorbție (FTB ordinul 1) fiindcă:

— frecvența armonicii depinde de frecvența fundamentalei rețelei, care variază în anumite limite (de ex. 48,5—50 Hz);

— componentele filtrelor și în special condensatoarele își schimbă caracteristicile cu temperatura și durata de funcționare. De cele mai multe ori cei doi factori sînt cumulativi și provoacă o deviație de frecvență Δf. Dacă rezistența echivalentă a filtrului este R, impedanța circuitului dezacordat este aproximativ egală cu

$$\underline{Z} = R(1 + j2\Delta f q), \tag{5}$$

unde q este factorul de calitate al filtrului la frecvența de acord, fiind dat de relația:

$$q = \frac{X}{R} = \frac{Ln\,\omega_1}{R} = \frac{Ln \cdot 2\pi f_1}{R} \tag{6}$$

Rezultă că la un factor de calitate ridicat (cerință necesară pentru minimizarea pierderilor) impedanța circuitului crește considerabil dacă filtrul este dezacordat [4].

Pentru filtrarea simultană a două sau trei armonici se folosesc FTB de ordinul 2 sau 3 (fig. 1 *b* și 1 *c*) [4], [5].

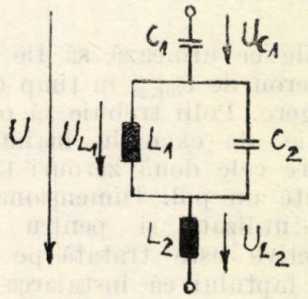


Fig. 3. Filtru trece-bandă de ordinul 2.

Referitor la FTB de ordinul 2 (fig. 3) se prezintă următoarele elemente de calcul [5]:

$$\omega^4 L_1 C_1 L_2 C_2 - \omega^2 (L_2 C_1 + L_1 C_2 + L_1 C_1) + 1 = 0 \tag{7}$$

$$\omega^3 L_1 C_2 - \omega = 0 \tag{8}$$

Ecuațiile (7) și (8) definesc zerourile ω_{01} și ω_{02} și polii 0 și ω_p ai funcției de transfer a filtrului.

Tensiunea maximă posibilă pe condensatorul C_1 în regim staționar este dată de relația:

$$U_{C1} = U \cdot \frac{\frac{(n_{01}^2 - 1)(n_{02}^2 - 1)}{n_{01}^2 \cdot n_{02}^2}}{\frac{n_p^2 - 1}{n_p^2}}, \tag{9}$$

iar

$$U_{L1},\ U_{L2} \ll U_{C1} \tag{10}$$

Elementele filtrului se pot determina dacă se cunosc rangul armonicilor n_{01} și n_{02} ce trebuie filtrate și puterea reactivă ce urmează să fie compensată de filtru, iar pentru n_p se alege o valoare convenabilă. Deoarece tensiunea U_{C1} este apropiată ca valoare de U, rezultă că puterea reactivă aferentă lui C_1 va fi mult mai mare decît cea aferentă lui C_2. Dacă se consideră că pentru curenți armonici cu rang mai mare ca 1 rețeaua este conectată în paralel cu filtrul și are o impedanță inductivă caracterizată prin inductivitatea L (măsurată sau calculată), se deduc următoarele relații de

calcul al parametrilor filtrului trece-bandă de ordinul 2 [5]:

$$U\omega_{01,2}^4 - V\omega_{01,2}^2 + 1 = 0 \qquad (11)$$

$$(U + W \cdot L)\omega_{p1,2}^4 - (V + X \cdot L)\omega_{p1,2}^2 + 1 = 0 \qquad (12)$$

unde s-a notat:

$$\begin{aligned} U &= L_1C_1L_2C_2 \\ V &= L_2C_1 + L_1C_2 + L_1C_1 \\ W &= L_1C_1C_2 \\ X &= C_1 \end{aligned} \qquad (13)$$

Armonicile ce urmează să fie filtrate sînt fixate de zerourile $\omega_{01,2}$, în timp ce polii $\omega_{p1,2}$ sînt la alegere. Polii trebuie să ocupe o anumită poziție, de exemplu înaintea primului zero și între cele două zerouri trebuie să se găsească cîte un pol. Dimensionarea filtrelor absorbante utilizate și pentru compensarea puterii reactive este tratată pe larg în [2].

Datorită faptului că instalarea filtrelor de absorbție (FTB) nu rezolvă totdeauna cerința de reducere sub anumite limite a coeficientului de distorsiune (de exemplu, în cazul cuptoarelor electrice cu arc), pe plan mondial se manifestă tendința folosirii unor filtre cu impedanță scăzută pentru o gamă largă de frecvențe. Astfel de filtre (fig. 1, *d*, *e*, *f*) sînt filtre trece-sus (FTS) de ordinul 1, 2 sau chiar 3. Ele se asociază cu filtre absorbante acordate (de exemplu FTS de ordinul 1 pentru armonicile 11 și 13, plus un filtru trece-sus pentru armonicile superioare) sau în unele cazuri de funcționare cu un singur FTS, dimensionat corespunzător [4].

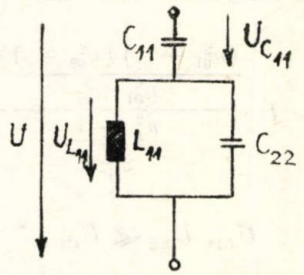


Fig. 4. Filtru trece-sus de ordinul 2.

Referitor la FTS (fig. 4) se prezintă următoarele elemente de calcul:

$$\omega^2(L_{11}C_{22} + L_{11}C_{11}) - 1 = 0 \qquad (14)$$

$$\omega(\omega^2 L_{11}C_{22} - 1) = 0 \qquad (15)$$

Tensiunea maximă posibilă pe condensatorul C_{11} este:

$$U_{C_{11}} = U \cdot \frac{(n_p^2 - 1)/n_p^2}{(n_{01}^2 - 1)/n_{01}^2}, \qquad (16)$$

iar

$$U_{L_{11}} \ll U_{C_{11}} \qquad (1$$

Impedanța caracteristică a unui FTS este dat de relația:

$$X_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}, \qquad (1$$

iar factorul de calitate rezultă din:

$$q = R/X_0 \qquad (1$$

și variază în general între limitele 0,5 și 5.

Filtrarea armonicilor superioare este cu at mai eficace cu cît impedanța caracteristică FTS este mai scăzută. Aceasta implică capac tăți de valori foarte mari și în consecință putere reactivă furnizată ridicată.

În cazul unui singur FTS de ordinul 2 aco dat în jurul armonicii 12, de exemplu, trebu să se impună un factor de calitate q relat coborît pentru a se obține impedanțe suficie de scăzute la armonicile superioare [4].

Avantajele FTS sînt următoarele:

— performanțele filtrelor sînt puțin afecta de variațiile de temperatură, de deviația fre venței fundamentale, de toleranțele element lor componente;

— datorită posibilităților de filtrare a un game largi de frecvențe, costul considerab care rezultă din divizarea filtrării pe mai mul frecvențe este suprimat și este posibilă de as menea reducerea spațiului afectat filtrelor instalațiile electrice;

— întreținerea este redusă;

— nu este necesar un reglaj al acordului punerea în funcțiune;

— divizare simplă și economică a FTS trepte, dacă acest lucru este necesar pentr echipamentul de comutație;

— pierderile pe fundamentală sînt redus

Concluzii

Datorită influențelor reciproce, compensar puterii reactive și atenuarea regimului defo mant trebuie să constituie acțiuni interdepe dente.

Studiile pentru compensarea puterii reacti în condițiile regimului deformant trebuie aibă la bază informații obținute prin măsurar

În acest scop este nevoie imperios să se trea la realizarea de aparate de măsură specializat

Realizarea unor filtre dimensionate corespu zător este singura soluție care poate satisfa atît necesitatea compensării puterii reactive, c și atenuarea regimului deformant.

ibliografie

1] Antoniu, I.S. *Bazele electrotehnicii*, vol. 2. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1974.
2] Cocoş, E. *Consideraţii privind dimensionarea filtrelor absorbante*. În: Energetica, nr. 7, 1980.
3] Iordănescu, I. *Compensarea factorului de putere şi atenuarea regimului deformant, acţiuni interdependente în sistemele energetice moderne*. În: Energetica, nr. 8, 1980.
[4] Lacoste, A., Brewer, G. L. ş.a. *Filtrage des harmoniques et compensation de puissance réactive dans les liaisons haute tension continue*. Enquête générale. În: Electra, nr. 63, 1979.
[5] Maier, R. *Auslegung von Filtern in der Starkstromtechnik*. În: ETZ, nr. 9, 1979.

(Articol intrat în redacţie la 11 noiembrie 1981)

ondiţii de oportunitate a utilizării nergiei solare în centralele termolectrice sau termice

Dr. ing. L. Lup *)

Generalităţi

Soarele, fără de care ar fi imposibilă viaţa astră pe pământ, radiază într-o secundă mai ultă energie decît a consumat omenirea de la ariţia sa pe pământ, iar energia primită de mînt într-o zi de la soare egalează necesităţile ergetice ale omenirii, la nivelul actual, timp 60 de ani [1] — [4].

Utilizarea energiei solare poate prezenta unele antaje reieşite din faptul că:

— energia solară este practic inepuizabilă în np;

— cantitatea de energie primită de pământ la soare în unitatea de timp este relativ re;

— energia solară este nepoluantă.

Da dezavantaje se menţionează:

— radiaţia solară incidentă pe pământ este iabilă în timp (zi-noapte, vară-iarnă, seninorat), adesea defazată faţă de cererea de sum de energie, ceea ce duce, în general, necesitatea realizării de instalaţii de acumue de energie sau la necesitatea prevederii nentării consumatorilor şi cu alte resurse energie, care anual pot fi preponderente;

- radiaţia solară incidentă pe pământ are o sitate relativ mică, ceea ce implică suprafeţe i de captare.

n lume au existat preocupări de utilizare a rgiei solare încă din antichitate. Odată cu riţia crizei energetice, aceste preocupări au o mare amploare, în special în următoarele ienii:

- transformarea energiei solare în energie nică şi stocarea ei, pentru folosirea la încălzi- locuinţelor, uscarea diverselor materiale, lucerea frigului şi distilarea apei etc.;

- producerea energiei mecanice (pompe re etc.);

— transformarea directă sau indirectă a energiei solare în energie electrică;

— producerea hidrogenului;

— folosirea fotosintezei în scopul obţinerii de resurse energetice vegetale.

Energia solară incidentă la limita exterioară a atmosferei terestre corespunde puterii de 1,359 kW/m² = 1160 kcal/m²·h.

Energia solară incidentă la suprafaţa pămîntului atinge, la amiază, în cele mai bune condiţii, valori corespunzătoare puterii de 1,1 kW/m² = = 945 kcal/m²·h.

Durata medie de însorire depinde de zona de pe glob şi este cuprinsă între 1000 şi 4000 h/an. În România valorile sînt cuprinse între 1636 h/an la Predeal şi 2482 h/an la Sulina.

Valorile energiei solare captabile anual sînt cuprinse între 300—700 mii kcal/m²·an şi sînt funcţie de:

— locul de pe glob unde se amplasează instalaţiile solare;

— randamentul instalaţiilor solare;

— fluidul captator şi temperatura acestuia.

Din cele de mai sus rezultă că energia solară captabilă anual ar reprezenta circa 5—10% din cea necesară pentru un consumator care ar necesita un consum cu flux de energie constant în tot cursul anului şi dotat cu panouri pentru a recepta maximul de radiaţie solară (fig. 1).

Pentru a mări cota de energie solară captabilă anual este necesar a prevedea instalaţii de acumulare sau a coordona necesităţile de consum în funcţie de intensitatea radiaţiei solare. În acest fel se poate asigura pentru consumatorii cu regim de funcţionare cu întreruperi în timpul zilei, pe timpul de vară (aprilie-octombrie), circa 60—70% din necesar, ceea ce ar corespunde la 30—40% din necesarul anual.

Introducerea utilizării energiei solare în schemele centralelor termice sau ale centralelor termoelectrice, indiferent dacă se face în scopul încălzirii apei menajere, a apei de adaos sau a apei de alimentare a cazanelor, nu va duce, practic, la nici o schimbare în structura acestor centrale, indiferent dacă geografic se realizează în incinta lor sau la consumator. Acestea vor necesita, însă, consum de materiale, investiţii şi spaţii suplimentare.

Dr. ing. Liviu Lup este inginer proiectant principal la .

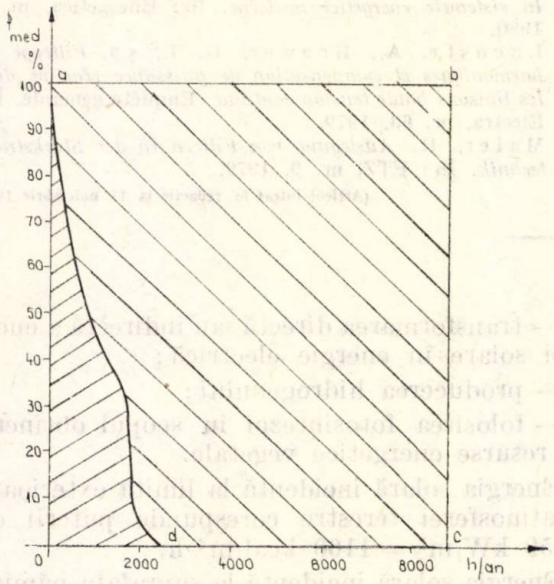


Fig. 1. Redarea schematică a asigurării cu energie de la o instalaţie solară fără acumulare.

Suprafaţa *OabcO* redă schematic necesarul de energie (căldură) al unui consumator care ar consuma tot timpul anului acelaşi debit de căldură, Φ_{med}. Dacă alimentarea consumatorului cu căldură se face din energie solară — atunci cînd se dispune de aceasta din urmă — şi din altă resursă energetică în restul timpului şi dacă instalaţia solară este dimensionată astfel încît în timpul în care intensitatea radiaţiei solare receptate la suprafaţa pămîntului are valoarea maximă anuală, energia receptabilă de instalaţia solară are valoarea egală cu Φ_{med}; această instalaţie solară va putea recepta în cursul anului o cantitate de energie redată prin suprafaţa *OadO* şi care ar reprezenta circa 5—10 % din necesarul anual de energie (respectiv din suprafaţa *OabcO*); restul din necesar trebuie asigurat din alte resurse. Dacă instalaţia solară este prevăzută cu acumulator de căldură, cota de energie asigurată de instalaţia solară creşte, dar cresc şi investiţiile şi consumul de materiale pentru instalaţie.

2. Utilizarea energiei solare în schemele centralelor termice cu combustibil de import

Considerînd că investiţiile în instalaţiile solare reprezintă, în lei pe metru pătrat activ, valorile :

— total
din care : 1900—3800
— în captatoare 700—2300
— în rest instalaţii 1200—1500,

că înglobează în ele (pentru fabricarea lor) 270—500 kg combustibil convenţional pe metru pătrat activ, că aduc o economie netă anuală de combustibil (ţinînd seama de energia consumată pentru pompare), în cazul instalării lor în schemele centralelor termice (pentru randamentul acestora, la funcţionarea cu hidrocarburi, de 90 %) de 63—95 kg c.c., se obţin rezultatele de mai jos.

Un prim rezultat ar fi că recuperarea combustibilului înglobat în instalaţiile solare (la fabricarea lor) se face ulterior în 2,8—8 ani, funcţie de randamentul instalaţiilor solare şi de combustibilul înglobat în ele.

Dacă se consideră preţul păcurii pe piaţa mondială, de 214 dolari pentru o tonă sau 157 dolari pentru o tonă combustibil convenţi nal, ceea ce revine la circa 2,36 lei pentru u kg c.c., se obţine o economie bănească pri combustibil de 146—225 lei pe metru pătr activ de instalaţii. Scăzînd din aceste econom cheltuielile anuale de exploatare (de circa 2 pe an din investiţie), se obţine economia net bănească de 74—187 lei pe metru pătrat acti

Dar dacă economiile se consideră în combu tibil la piaţa externă, trebuie corectată şi inve tiţia ţinînd seama de combustibilul înglob care, de fapt, reprezintă tot hidrocarburi care pe piaţa internă are o valoare medie circa 400 lei pe tona de combustibil convenţi nal.

Rezultă corecţia de preţ de 530—1000 l pe metru pătrat activ, respectiv preţul tot corectat, de 2430—2800 lei pe metru pătr activ.

Un al treilea rezultat ar fi că recuperar investiţiilor se realizează din economiile anua de cheltuieli în 13—65 ani.

Durata de viaţă a instalaţiilor solare es apreciată la circa 20 ani.

Rezultă deci că oportunitatea introduce instalaţiilor solare în schemele centralelor t mice este funcţie în primul rînd de investiţi şi combustibilul pe care acestea le înglobea precum şi de cantitatea de energie solară care o pot capta anual.

3. Posibilitatea şi oportunitatea utilizării en giei solare în centralele termoelectrice

În centralele electrice de condensaţie se c sumă combustibil, pentru producerea energ electrice, numai în cazanele de abur ale acesto Restul încălzirilor se face cu abur prele la prizele regenerative ale turbinelor sau căldură obţinută prin recuperări (purjări, c densarea aburului în condensatorul princi etc.).

În centralele electrice de termoficare dot şi cu CAF-uri se consumă combustibil şi aceste CAF-uri, dar ele funcţionează în gene la vîrfuri de sarcină termică, cu durate anu scăzute şi cînd în majoritatea cazurilor ener solară captabilă în domeniu este insignifian

În aceste condiţii utilizarea energiei sol în centralele electrice de condensaţie sau termoficare duce, în general, forţamente reducerea debitului de abur de la prizele tur nelor şi deci la reducerea producţiei în cont presiune a energiei electrice realizabilă, cu c sumuri specifice de combustibil reduse, 145—180 g c.c./kWh, indiferent dacă încălzi se referă la apa de adaos, apa de aliment a cazanelor sau la termoficare (încălzire sau caldă menajeră) şi producerea ei în condensa cu consumuri specifice de 330—400 g c.c./k

Tabelul 1

Elemente comparative privind oportunitatea utilizării energiei solare în centrale termoelectrice cu condensație

Varianta 1: funcționare normală fără instalații solare; — Varianta 2: cu instalații solare și destinderea aburului, corespunzător ultimei prize, până la condensator; — Varianta 3: cu instalații solare, strangulări în condensator și deci neutilizarea aburului corespunzător ultimei prize

	Centrala	U.M.	1			2		
1	Putere nominală	MW	210			330		
2	Varianta		1	2	3	1	2	3
3	Putere totală produsă	MW	210	210	210	330	330	330
4	Putere maximă produsă suplimentar de agregat în condensație	MW	0	2,027	0	0	2,58	0
5	Putere maximă neprodusă de agregat	MW	0	0	13,550	0	0	19,86
6	Debit consum combustibil	t c.c./h	65,215	64,585	64,757	111,135	110,266	110,897
7	Consum specific brut	g c.c./kWh	310,55	307,54	308,37	336,8	334,14	336,05
8	Debit maxim căldură pentru încălzire condensat	mii kcal/h	17963	18072	19204	22334	23639	23765
8.1	Debit maxim de la priză	„	17963	17963	17963	22334	22334	22334
8.2	Debit maxim din energia solară	„	0	18072	19204	0	23639	23765
9	Indice termoficare la priza considerată	kWh/Gcal	573	573	573	637	637	637
10	Temperatura medie a apei încălzite	°C	50			46		
11	Energie solară captabilă	mii kcal / m²an	—	400		—	450	
12.1	Suprafața panourilor — activă	m²	0	32776	34916	0	40066	40280
12.2	Suprafața panourilor — totală	m²	0	38560	41080	0	47137	47390
13	Cantitatea de căldură preluată anual total	mii kcal / an	157356	158310	168220	195650	207074	208178
13.1	Idem de la priză	„	157356	145200	154254	195650	189044	190052
13.2	Idem din solară	„	0	13110	13966	0	18030	18126
		% din total	0	8,3	8,3	0	8,71	8,71
14	Economie orară maximă	t c.c./h	—	0,630	0,458	—	0,869	0,238
15	Economie anuală de combustibil	t c.c./h	—	419	291	—	615	134
16	Combustibil specific înglobat în panouri	kg c.c./m²	—	250 350	250 350	—	250 350	250 350
17	Combustibil total înglobat în panouri	t c.c.	0	8194 11742	8730 12220	0	10017 14023	10070 14098
18	Economie specifică de combustibil pe panouri	kg c.c./m²an	—	12,8	8,3	—	15,3	3,3
19	Răstimp de recuperare a combustibilului înglobat din economiile anuale	ani	—	19,6 27,4	30 42	—	16,3 22,8	75 105

Calcule comparative la introducerea energiei solare în centrale *Tabelul 2*

		randament cazan %	hidrocarburi 0,90	cărbune 0,85	C_s termică	kg c.c./Gcal	hidrocarburi 160	cărbune 170	preț combustibil înglobat în preț vînzare 0,45 lei/kg c.c.							
		$C_{s\ net}$ condensație g c.c./kWh	350	370/380												
		$C_{s\ net}$ termoficare	150	160	preț comb.	lei/t c.c.	2950	422								
	1	Centrala				CET hidrocarburi			CET cărbune				Centrale termice			
	2	Tip panou solar				1		2		1		2		1		2
	3.1	Combustibil înglobat în instalații solare	total		kg c.c./m²	250		350		250		350		250		350
	3.2	,,	la 20 ani		kg c.c./m²an	12,5		17,5		12,5		17,5		12,5		17,5
	4.1	Investiții specifice totale în instalații solare	vînzare-execuție		lei/m² activ	2000		2800		2000		2800		2000		2800
	4.2		fără combustibil înglobat		,,	1890		2600		1890		2600		1890		2600
	5	Energie solară captabilă anual			mii kcal/m²an	400	600	400	600	400	600	400	600	400	600	400	600
	6	Energie electrică nelivrată în termoficare			kWh/m²an	228	342	228	342	228	342	228	342	—	—	—	—
	7	Economie hidrocarburi pentru energia termică			kg c.c./m²an	64	96	64	96	—	—	—	—	64	96	64	96
	8	Economie hidrocarburi pentru energia electrică			,,	34	51	34	51	—	—	—	—	—	—	—	—
	9	Economie cărbune pentru energia termică			,,	—	—	—	—	68	103	68	103	—	—	—	—
	10	Economie cărbune pentru energia electrică			,,	—	—	—	—	37	55	37	55	—	—	—	—
Cu producerea en.el. în aceeași centrală și CAF cu hidrocarburi	11	Investiții specifice inst. solare cu comb. înglobat corespunzător			lei/m² activ	2630	2630	3640	3640	1995	1995	2750	2750	2630	2630	3640	3640
	12	Combustibil consumat în condensație pentru energie electrică	hidrocarburi		kg c.c./m²an	80	120	80	120	—	—	—	—	—	—	—	—
	13		cărbune		,,	—	—	—	—	88	130	87	130	—	—	—	—
	14	Economie netă de combustibil (7+8+9+10−3.2−−12−13)			,,	5,5	14,5	0,5	9,5	4,5	15,5	0,5	10,5	51,5	83,5	46,5	78,5
	15	Economii bănești pentru combustibili (7+8+9+ +10−12−13)			lei/m²an	54	77	54	77	7	12	8	12	190	283	190	283
	16	Alte cheltuieli de exploatare (2% din investiția pe an)			,,	53	53	73	73	40	40	55	55	53	53	73	73
	17	Economii anuale bănești (15−16)			,,	1	24	−19	4	33	28	47	43	137	230	117	210
	18	Recuperarea investiției (11/17)			ani	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	19	11,5	31	17,5
	19	Recuperare combustibil (3.1/7+8+9+10−12−13)			,,	13,9	9,3	19,4	13,0	14,7	8,9	19,4	12,5	3,9	2,6	5,5	3,6
Cu producerea energiei electrice în centrale cu condensație cu cărbune și CAF cu cărbune	20	Investiții specifice în inst. solare cu comb. înglobat cărbune			lei/m²activ	1995	1995	2750	2750	1995	1995	2750	2750	1995	1995	2750	2750
	21	Energie electrică livrată, produsă în condensație la 200 km cu pierderi în rețele electrice de 3%			kWh/m²an	235	352	235	352	235	352	235	352	—	—	—	—
	22	Investiții în centrala de condensație pentru puterea instalată de 0,10−0,14 kW/m² cu 6000 lei/kW			lei/m²	600	840	600	840	600	840	600	840	—	—	—	—
	23	Economie cărbune la CT pentru energie termică			kg c.c./m²an	—	—	—	—	—	—	—	—	68	103	68	103
	24	Cărbune consumat pentru energia electrică			,,	87	130	87	130	87	130	87	130	—	—	—	—
	25	Economie netă de combustibil			,,	− 1,5	4,5	−6,5	−0,5	4,5	15,5	0,5	10,5	55,5	90,5	50,5	85,5
	26	Economii la hidrocarburi (7+8 la CET)			lei/m²an	290	470	290	470	—	—	—	—	—	—	—	—
	27	Economii anuale la cărbune (9+10+23−24)			,,	−37	−55	−37	−55	7	12	8	12	29	44	29	44
	28	Alte cheltuieli de exploatare (2% din investiția pe an)			,,	52	57	67	72	52	57	67	72	40	40	55	55
	29	Economii anuale bănești (26+27−28)			,,	201	358	186	343	−45	−45	−59	−60	−11	4	26	11
	30	Recuperarea investiției (20+22/29)			ani	12,9	7,9	18	10,5	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR	NSR
	31	Recuperare combustibil (3.17/CET+8+9+10+23−−24)			ani	22,7	14,7	31,8	20,6	13,9	89	19,4	12,5	3,7	2,4	5,1	3,4

și adesea necesitatea instalării unei puteri suplimentare.

De asemenea apar probleme privind asigurarea continuității alimentării cu energie termică la trecerea de la zile însorite la zile înnorate.

S-a analizat oportunitatea utilizării energiei solare în centrale electrice de condensație cu blocuri de 210 MW și cu blocuri de 330 MW la preîncălzirea apei de adaos sau a apei de alimentare a cazanelor de abur în locul ultimei prize regenerative (anexele 1 și 2).

Din analiza făcută rezultă (tabelul 1) că în cazul în care se utilizează energia solară în locul aburului prelevat la ultima priză a turbinei la blocul de 210 MW se obțin economii anuale de combustibil, la o temperatură medie a apei de 50°C, de 290—420 t c.c./an, funcție de posibilitatea supraîncărcării părții finale a turbinei, care pot recupera energia înglobată în instalațiile solare în circa 20—40 de ani. Limitele inferioare la economii corespund limitelor superioare de ani de recuperare.

Rezultă necesitatea producerii suplimentare, cu alte agregate, a unei puteri de pînă la 14 MW, în cazul existenței unor strangulări în condensator, în special în cazul unor temperaturi exterioare ridicate.

În cazul în care se utilizează energia solară în locul aburului prelevat la ultima priză a turbinei la blocul de 330 MW, se obțin economii anuale de combustibil, la o temperatură medie a apei calde de 46°C, de 130—615 t c.c./an, funcție de posibilitatea supraîncărcării părții finale a turbinei, care pot recupera energia înglobată în instalațiile solare în circa 16—105 ani. În acest caz, reducerea de putere poate atinge valori de pînă la 20 MW.

Din cele de mai sus rezultă, în acest caz, că în durata de viață a instalațiilor solare nu poate fi recuperat, din economii anuale, nici măcar combustibilul consumat apriori pentru realizarea acestor instalații solare fără a mai socoti și restul de cheltuieli legate de realizarea și exploatarea lor.

. Oportunitatea utilizării energiei solare în chemele centralelor de termoficare și termice

În tabelul 2 se prezintă calculul comparativ, în cazul utilizării energiei solare în schemele centralelor de termoficare sau al centralelor termice cu cazane funcționînd cu hidrocarburi sau cu cărbune (anexele 1, 2 și 3).

Prețul hidrocarburilor se consideră de 2950 lei/t c.c., iar al cărbunelui de 422 lei/t c.c.

Energia electrică neprodusă în contrapresiune, în cazul în care funcționează instalațiile solare, se consideră că va fi produsă în condensație în aceleași grupuri sau în alte grupuri funcționînd cu cărbune.

Din rezultatele obținute se constată că în cazul în care se consideră același combustibil (și în special același preț de combustibil) investiția nu se recuperează. Ea se poate recupera în durata de viață a instalațiilor solare numai în cazul economisirii unui combustibil scump și al producerii, în compensație, a energiei electrice pe un combustibil ieftin.

Desigur aici trebuie avută în vedere justificarea diferenței mari între prețul hidrocarburilor (considerate la 2950 lei/t c.c.) și prețul cărbunelui din țară (de 422 lei/t c.c.) și, de asemenea, dacă se poate obține cărbune în cantități nelimitate.

În ce privește problema recuperării combustibilului înglobat în instalațiile solare (pentru construcția și montajul lor), aceasta se realizează în durata de viață a acestor instalații, în cazul centralelor termice sau în cazul centralelor electrice de termoficare, atunci cînd instalațiile ar avea un randament bun în exploatare (cantitatea de energie captabilă anual ar fi mare) și ar înglobă în ele cantități mici de combustibil (energie).

★

Pentru a face oportună utilizarea instalațiilor solare, este necesar să se găsească soluții cu investiții și combustibil înglobat la valori scăzute și cu randamente, fiabilitate și durată de viață de valori ridicate.

Bibliografie

[1] Dănescu, Al., Bucurenciu, S. și Petrescu, St. *Utilizarea energiei solare*. Editura tehnică, București, 1980.

[2] Moraru, P. și Popescu, Cr. *Generatoare solare*. Editura științifică și enciclopedică, București, 1978.

[3] Couture, J., Martin, J.-M., Kleinpeter, M. și Chateau, B. *Energia — perspectivas globais 1985—2000*. WAES, São Paulo, 1979.

[4] Häfele Wolf. *Der Beitrag der Sonnenenergie zur Deckung des gegenwärtigen und zukunftigen Energiebedarfs*. ASSA Informationsdienst, Febr. 1978.

1. Tipuri de captatoare solare ce se fabrică în țară și principalele lor caracteristici **ANEXA 1**

1	Fabrica		I A A Alexandria			I.M. Sadu – Gorj	Frigocom București
2	Placă absorbantă		ecran focalizator din aluminiu			din aluminiu	tablă otel
3	Greutate totală	kg/buc.	40[1]	48[1]	60–75[1]	58[2] / 65[2]	
			75[4]			58–60[1,4]	80–85[4]
4	Suprafață activă	m²/buc.	1,9[2]	1,9[2]	1,9[2]	1,7–1,8[1,2]	1,7–1,8[1,2]
5	Energie înglobată	kWh/m²	← 580[1] – 600[2] →				
		kg c.c./buc.				644[2]	530[2] / 354[3]
		kg c.c. / m²activ	168–212[6]	196–240[6]	210–250[6]	368	302 / 197
		Gcal/buc.				1[1]	1[1]
6	Energie captabilă anual	mii kcal / m²activ	693 la $t_{m\ apă}$ = 30°C și 591 la $t_{m\ apă}$ = 40°C anual și respectiv 651 sau 560 numai la lunile martie-octombrie [5]				
		,,	330[7]	640[3]	570[1]		
7	Energie economisită (ține seama de randament cazan)	kg c.c. / m²an	72[4]			81–83[4]	74[4]
		mii kcal / m² activ	503			567–580	518
8	Preț vînzare loco fabrică	lei/buc.	1459–1769[2,4]			2225–2310[2,4]	2310[4]
		lei / m²activ	760–930			1170–1220	1220

Documentare: 1) prospect fabrică; 2) informații fabrică; 3) informații INCERC; 4) informații ICSITEEMR; 5) studiu ICEMENERG din iulie 1980; 6) analiză consum materiale; 7) după „Energetica" nr. 3/1980 p. 97–103.

2. Investiții și energie înglobate în instalații solare

Conform estimării IPCT în baza proiectului	5524 din martie 1981
Instalații și construcții la punct termic	216–312 lei/m² captator
Captatoare, conducte aferente, izolație și susținere captatoare	2000 lei/m² captator
Rețele circuit primar	162–250 lei/m² captator
TOTAL	2378–2562 lei/m² captator
din care rezultă	2640–2850 lei/m² activ

3. Energia înglobată în instalații solare

(fără cea din captatoare) 40–50 kg c.c./m²

4. Energia de pompare apă circa 0,4–2,5 kg c.c./m²an

ANEXA 2

Exemplu de calcul privind oportunitatea utilizării energiei solare în centralele electrice

1. *Date generale*

Se consideră un bloc electrogen de condensație de 210 MW, funcționînd cu cărbune, cu parametrii aburului :
— la intrare în turbină 130 ata, 545°C ;
— după supraîncălzirea intermediară 24 ata, 545°C ;
— la intrare în condensator 0,05 ata ;
cu randament intern 84% și cu 7 prize regenerative, din care ultima la 0,27 ata cu un debit de 30,8 t/h.

Cantitatea de căldură cedată de aburul de la priza ultimă, pentru preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare — căldură care în alternativa utilizării energiei solare ar trebui să fie preluată de la soare — este dată de relația :

$$\varphi_{p7} = D_{p7}(i_7 - i'_7), \tag{1}$$

în care
D_{p7} este debitul de abur la această ultimă priză ;
i_7 și i'_7 — entalpiile aburului și respectiv condensatului, înainte și după preîncălzitorul prizei, de 650 și, respectiv, 67 kcal/kg.
Prin înlocuire rezultă $\varphi_{p7} = 17\,963$ mii kcal/h.

2. *Consumul de combustibil la funcționarea normală*

Consumul specific de combustibil la funcționarea normală, pentru puterea produsă de 210 MW, este 310,55 g c.c./kWh, iar consumul total de combustibil, calculat cu relația :

$$C_1 = P_p c_s \tag{2}$$

este $C_1 = 65{,}215$ t c.c./h.

3. *Consumul de combustibil la utilizarea energiei solare pentru preîncălzirea apei în locul prizei 7 și cu eșaparea aburului de la această priză în condensator după destinderea prealabilă în turbină, cu producerea suplimentară de energie electrică*

Puterea produsă suplimentar este :

$$P'_2 = \frac{\varphi_{p7}}{860}\,\eta_m\eta_g, \tag{3}$$

în care
η_m este randamentul mecanic al grupului (99%) ;
η_g — randamentul generatorului electric (99%).
860 = kcal/kWh
Rezultă puterea $P'_2 = 2{,}047$ MW
Puterea totală produsă este :
$P_2 = P_1 + P'_2 = 212{,}047$ MW și, cum generatorul electric are puterea limită maximă de 210 MW, rezultă, după corectare, $P'_2 = 2{,}027$ MW.

Pentru 212,047 MW consumul de combustibil este același ca și la funcționarea normală (de 65,215 t c.c./h).

Pentru 210 MW consumul de combustibil este, în cazul utilizării energiei solare, $C_2 = 64{,}585$ t c.c./h.

Economia de combustibil realizată prin utilizarea energiei solare la preîncălzirea apei de alimentare, în locul aburului de la priza regenerativă, este :

$$C_{12} = C_1 - C_2 \tag{4}$$

și rezultă 0,630 t c.c./h.

Energia preluată de la soare va trebui să încălzească condensatul (inclusiv cel corespunzător prizei 7) și apa de adaos de la 33 la 67°C, rezultînd $\varphi_{s2} = 18072$ mii kcal/h.

Energia necesară anual (necunoscînd exact timpul în care se fac reparațiile la bloc) se calculează cu relația :

$$Q_{n2} = 8760 \text{ h/an } \varphi_{s2} \tag{5}$$

și rezultă 158 311 mil. kcal/an.

Considerînd (pentru temperatura medie a apei de 50°C) energia captabilă anual de un metru pătrat suprafață activă panou, $q_{an\,m} = 400\,000$ kcal/m² an și debitul de căldură maxim captabil $\varphi_{max} = 550$ kcal/m²·h, rezultă suprafața totală a panourilor, după relația :

$$S_2 = \frac{Q_{n2}}{q_{max}} \tag{6}$$

$S_2 = 32776$ m², respectiv suprafața totală de 38560 m². Căldura obținută anual de la soare va fi dată de relația :

$$Q_{s2} = S_2 q_{an\,m} \tag{7}$$

de 13 110 mil. kcal/an și reprezintă circa 8,3% din cea necesară (Q_{n2}).

Consumul de combustibil înglobat în construcțiile și instalațiile pentru captarea energiei solare se consideră de 250 și 350 kg c.c./m² (vezi anexa 1), rezultînd :

$C_{2ingl.} = 8194$ t c.c., respectiv 11472 t c.c.

Economia anuală de combustibil este

$$0{,}083 \times 8760 \times C_{12} = 458 \text{ t c.c./an}$$

Pentru pomparea suplimentară a apei se consideră un consum de energie de circa 1,2 kg c.c./m²·an. Rezultă economia de combustibil corectată de 419 t c.c./an și recuperarea combustibilului utilizat pentru realizarea instalațiilor solare în circa 20—27 ani, interval de timp mai mare decît durata de viață estimată a panourilor, fără a putea amortiza restul de cheltuieli legate de execuția, exploatarea și întreținerea instalațiilor de captare a energiei solare.

4. *Consumul de combustibil la utilizarea energiei solare pentru preîncălzirea apei în cazul în care sînt strangulări în partea finală a turbinei*

Strangulările apar în general vara, cînd, din cauza radiației solare mai intense, se încălzește apa de răcire a condensatoarelor. În acest caz, atît aburul corespunzător prizei 7, cît și cel prelevat de la celelalte prize ale turbinei pentru preîncălzirea condensatului de la priza 7 (de la temperatura de 67°C la temperatura apei de alimentare de 244°C) nu mai poate fi admis în turbină.

Căldura necesară pentru preîncălzirea condensatului de la priza 7 (la funcționarea fără captarea energiei solare) este dată de relația :

$$\varphi'_7 = D_{p7}(i_{al} - i'_7) \tag{8}$$

și rezultă circa 5690 mii kcal/h.

Pentru entalpia medie a aburului la celelalte prize regenerative de 700 kcal/kg, rezultă debitul de abur corespunzător de circa 12,7 t/h.

Puterea redusă (din cauza reducerii debitului de abur intrat în turbină) va fi dată de relația :

$$P'_3 = \frac{D_{p7}[(i_0 - i'_{si}) + (i''_{si} - i_7)] + D'_{p7}[(i_0 - i'_{si}) + i''_{si} - i_m)]}{860}\,\eta_m\eta_g \tag{9}$$

din care, după înlocuiri, rezultă $P'_3 = 13{,}55$ MW.

Deci puterea produsă maximă de bloc va fi 196,45 MW, în loc de 210 MW.

Indicele de termoficare este, pentru căldura corespunzătoare lui D_{p7} și D'_{p7}, după relația :

$$y = \frac{P'_3}{\varphi_{p7} + \varphi'_{p7}} \tag{10}$$

de 573 kWh/Gcal.

Reducerea de consum de combustibil este dată de relația

$$C'_{13} = \frac{(D_{p7} + D'_{p7})[(i_0 - i_{al}) + (i''_{si} - i'_{si})]}{\eta_c\,\eta_{cd}}, \tag{11}$$

în care
η_c este randamentul cazanului, 92,7% ;
η_{cd} — randamentul conductelor, 99%,

și rezultă 4,64 t c.c./h pentru puterea de 196,45 MW și consumul de combustibil, după relația :

$$C_3' = C_1 - C_{13}', \tag{12}$$

de 60,575 t c.c./h.

Consumul specific de combustibil va fi 308,37 g c.c./kW.

La puterea de 210 MW, consumul de combustibil rezultă 64,757 t c.c./h = C_3.

Economia de combustibil este $C_{13}=C_1-C_3 = 0{,}458$ t c.c./h.

Energia solară necesară este în acest caz, după relația :

$$\varphi_{S3} = \varphi_{p7} \times \frac{210}{196{,}45}, \tag{13}$$

de 19 204 mii kcal/h, respectiv energia necesară anual de 168 223 mil. kcal/an.

Suprafața activă necesară a panourilor este de 34 916 m², iar cea totală de 41 078 m².

Căldura obținută anual prin instalațiile solare este de 13 966 mil. kcal/an și reprezintă circa 8,3% din cea necesară.

Economia anuală de combustibil este de 333 t c.c./an, iar cea netă de 291 t c.c./an.

Combustibilul înglobat în instalațiile solare este de 8729 t c.c., respectiv 12 221 t c.c., a cărui recuperare din economia anuală se poate face în 30—42 ani.

În plus este necesară instalarea suplimentară de putere în sistem, precum și recuperarea restului de cheltuieli.

În mod similar se calculează suprafața captatoarelor solare și economiile de combustibil în cazul utilizării energiei solare pentru încălzirea apei din rețelele altor categorii de centrale electrice (cu blocuri de 330 MW sau de termoficare).

ANEXA 3

Calcule tehnico-economice comparative la utilizarea energiei solare în centrale

Corectarea prețului ținînd seama de combustibilul înglobat

Deoarece prețul mărfurilor pe piața internă este calculat pe baza prețurilor interne ale resurselor energetice, care este diferit de prețul pe piața mondială, este necesar a corecta prețul instalațiilor solare funcție de prețul combustibilului care se consideră că se economisește.

Corectarea prețului se face cu relația :

$$P_{CT} = p_i + c_i(p_{c1} - p_{c2}), \tag{1}$$

în care

p_i este prețul mărfurilor (instalațiilor solare) pe piața internă ;

c_i — combustibilul înglobat ;

p_{c1} — prețul combustibilului considerat că se economisește, care este luat în calcule, la cărbune, 422 lei/t c.c. și 2950 lei t c.c. la păcură ;

p_{c2} — prețul mediu al combustibilului pe piața internă, aproximativ 450 lei/t c.c.

Energia electrică produsă în contrapresiune la centralele de termoficare

Calculată conform anexei 2, energia electrică produsă în contrapresiune la centralele de termoficare, pentru care s-au făcut calculele prezentate în tabelul 2, este de circa 570 kWh/Gcal, rezultînd energia electrică nelivrată în termoficare de 228 sau 342 kWh/m²·an, funcție de energia captată de la soare, 400 000, respectiv 600 000 kcal/m²·an.

Puterea necesară a fi instalată în centralele de condensație

În cazul în care energia electrică nu poate fi produsă în condensație în centrala de termoficare pentru a compensa energia neprodusă în contrapresiune, este necesar a se instala în centralele de condensație o putere suplimentară cu o durată anuală de utilizare a puterii instalate de circa 2300 h/an, ținînd seama de durata anuală de utilizare a energiei solare.

(Articol intrat în redacție la 10 decembrie 1980)

Note tehnice

Stadiul realizării în țară a uleiurilor electroizolante aditivate, în vederea măririi siguranței în exploatare a transformatoarelor moderne

Datorită creșterii gradului de solicitare a uleiului electroizolant utilizat în transformatoarele moderne, compoziția chimică a uleiului, obținută prin metodele actuale de selecționare și prelucrare a materiei prime, nu mai poate asigura valorile necesare pentru indicii de performanță impuși uleiului.

În practica mondială, perioada de utilizare medie a unui ulei electroizolant este de circa 15 ani. Aceasta poate fi prelungită prin diverse căi, și anume : reducerea accesului de oxigen la nivelul uleiului, reducerea influenței catalitice a suprafețelor metalice asupra degradării uleiului și utilizarea aditivilor.

Această din urmă cale pare să reprezinte soluția optimă. Aditivii utilizați pe scară mondială favorizează păstrarea îndelungată a calității uleiului în timpul exploatării și conțin un inhibitor de oxidare, un pasivator al cuprului și uneori un component cu efect pozitiv asupra stabilității la descărcări în gaze.

Utilizarea uleiurilor aditivate cu o bună stabilitate la oxidare arată faptul că, după consumarea integrală a aditivului, uleiul se comportă în continuare satisfăcător.

În cadrul măsurilor ce se studiază pentru stabilirea soluțiilor tehnice în introducerea tensiunilor înalte în sistemul energetic național, se înscriu preocupările privind stabilirea prin cercetări a condițiilor de realizare în țară a uleiurilor electroizolante aditivate antioxidant, în cadrul posibilităților tehnologice și de materii prime existente în țară.

Cercetările experimentale efectuate au rezolvat următoarele probleme :

a) Obținerea unor uleiuri de bază prin diferite tehnologii, aplicate sau aplicabile în țară.

Astfel, drept uleiuri de bază pentru aditivare s-au utilizat uleiuri fabricate la Rafinăria Ploiești prin tehnologia de rafinare și hidrofinare, precum și uleiuri solventate cu furfurol.

b) Studierea unor substanțe de producție internă cu rol de antioxidanți : fenil-β-naftila-

mină, α-naftol, β-naftol, difenilamină, antioxidant H etc. Drept substanță de referință s-a utilizat Topanolul (dibutil-paracrezol), utilizat în practica mondială în aditivarea uleiurilor electroizolante.

c) Cercetări experimentale privind obținerea sinergismului ulei-aditiv.

Drept criterii de stabilire a eficacității aditivilor s-au utilizat:

— perioada de inducție la oxidare;

— scăderea concentrației de aditiv, în timpul oxidării forțate a uleiurilor.

d) lămurirea prin experimentări a comportării uleiurilor aditivate, în prezența unor materiale utilizate în construcția transformatoarelor moderne.

Concluziile rezultate sînt următoarele:

1. Toate uleiurile studiate prin aditivare cu 0,2% Topanol realizează valoarea de 195 minute impusă pentru perioada de inducție la oxidare (conform ASTM 1040—69). Cel mai susceptibil la aditivare este uleiul solventat, perioada de inducție în acest caz reprezentînd valoarea de 320 minute.

2. Rezultatele au evidențiat acțiunea de inhibare antioxidantă net superioară pe care o prezintă produsul indigen fenil-β-naftilamină (FBN). Susceptibilitatea uleiului de bază față de FBN crește în ordinea: ulei hidrofinat, ulei obținut prin rafinare acidă, ulei fabricat pentru Siemens și ulei solventat.

Se evidențiază în mod deosebit rezultatele foarte bune obținute la aditivarea uleiului solventat, perioada de inducție la oxidare prezentînd în acest caz valoarea de 600 minute. Considerînd (pe baza cercetărilor efectuate de ICEMENERG) că uleiul aditivat este corespunzător în cazul în care antioxidantul se consumă în cantitate de 50% după 164 ore oxidare forțată, se conchide că susceptibilitatea la oxidare crește în ordinea: ulei rafinat, ulei Siemens, ulei solventat.

Sinergismul ulei-aditiv, pentru cazurile studiate, s-a obținut pentru uleiul de bază solventat aditivat cu 0,3% FBN, propus pentru a fi fabricat în țară.

În tabel se arată condițiile tehnice de calitate pentru uleiul electroizolant aditivat cu FBN.

Menționăm faptul că aditivul utilizat nu prezintă acțiune nocivă la manipulare, se fabrică în țară, la preț de livrare 26 lei/kg.

În cursul anului 1980 s-a fabricat la Rafinăria Ploiești o șarjă experimentală de 60 t, care s-a

Condiții tehnice de calitate pentru uleiul electroizolant aditivat cu FBN

Caracteristici fizico-chimice	Condiții de admisibilitate	Metoda de analiză
Viscozitatea cinematică, estimativ — la 20 °C, max. — la 50 °C, max. — la —15 °C, max.	 30 10 800	STAS 117-66
Punct de inflamabilitate, °C min.	140	STAS 5488-56
Punct de congelare, °C min.	—40	STAS 39-56
Aciditate organică, mg KOH/g max.	0,03	STAS 23-68
Aciditate minerală și alcalinitate	lipsă	STAS 22-64
Impurități mecanice	lipsă	STAS 33-71
Coroziuni pe plăcuța de Ag	lipsă	DIN
Conținut furfurol	lipsă	STAS 3663-53
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 90°C, max. tg δ	$3,0=10^{-3}$	STAS 6798-63
Perioada de inducție la oxidare Rotary Bomb, minute, minim	600	ASIM D 2112
Stabilitatea la oxidare — tg δ la 90°C, max.	50×10^{-3}	STAS 6799-71
Tensiune interfacială față de apă, dyne/cm, min.	45	STAS 9654-74
Stabilitate la oxidare, min, ore	300	CET Modificat

transportat în condiții speciale la „Electroputere"-Craiova, unde s-a încuvat în trei transformatoare de 110 kV, repartizate în cadrul IREB.

În anul în curs, după punerea în funcțiune a acestora, a început acțiunea de urmărire a comportării în exploatare a uleiului aditivat, în vederea omologării sale.

Ing. **Alexandra Popescu**
— ICEMENERG —

Procedee moderne de corecţie a apei de alimentare a cazanelor cu tambur de înaltă şi medie presiune din CTE

Tendinţa actuală de evoluţie a tratării apei de alimentare pentru toate cazanele este reducerea conţinutului de săruri.

Apa aproape chimic pură care se utilizează în prezent pentru alimentarea cazanelor cu presiune ridicată are caracter pronunţat corosiv, pentru a cărui combatere este necesară o tratare suplimentară de corecţie.

În lume se utilizează două procedee de corecţie a caracterului corosiv al apei de alimentare: aşa-numitul regim neutru ($pH = 7 - 8$) cu dozare de H_2O_2 şi regimul alcalin.

Regimul neutru, care s-a dezvoltat mai recent, dă rezultate foarte bune, atît în privinţa reducerii cantităţii de săruri depuse pe paletele turbinei, cît şi în privinţa combaterii coroziunii, astfel că blocurile energetice care funcţionează în regim neutru funcţionează la puterea nominală pînă la 30 000 ore (circa 4 ani).

Acest regim nu poate fi utilizat decît la blocurile energetice cu schimbătoare de căldură (PJP, PIP, condensatoare) din oţel aliat. La blocurile energetice existente, cu alamă în circuit, pentru corecţia caracterului corosiv al apei de alimentare se utilizează procedeul alcalinizării apei de alimentare pînă la domeniul de coroziune minimă ($pH = 9$ în apa de alimentare, $pH = 10-11$ în apa din cazan).

În ultimii ani s-au semnalat în literatura de specialitate o serie de neajunsuri legate de alcalinizarea cu amoniac şi hidrazină. În R.F.G., Anglia, U.R.S.S. au apărut spargeri de ţevi cauzate de coroziunea intensivă a ţevilor de ecran după 1000—2000 ore de funcţionare, a unor cazane de mare presiune alimentate cu apă foarte pură (demineralizare cu pat mixt atît a apei de adaos cît şi a condensatului turbinei), alcalinizată cu alcalii volatile. Se crede că aceste coroziuni au apărut ca urmare a trecerii alcaliilor volatile din apa de cazan în abur, fapt ce conduce la reducerea pH-ului apei de cazan şi la favorizarea procesului de coroziune.

Ca urmare s-a ajuns la concluzia că utilizarea în astfel de situaţii numai a alcaliilor volatile nu asigură menţinerea necesităţii de pH a apei de cazan, din cauza coeficientului de distribuţie nefavorabil al acestora şi se impune alcalinizarea apei cu alcalii nevolatile. În acest caz alcaliile volatile (NH_3 şi N_2H_4) se adaugă numai pentru legarea CO_2 şi O_2 şi pentru alcalinizarea aburului, astfel că ele pot fi reduse la doze aproape stoechiometrice.

Deoarece fosfatul de sodiu, care se utiliza pînă prin anii 1960, nu a dat rezultate la cazanele cu presiuni ridicate, dimpotrivă, după cercetări mai recente efectuate în U.R.S.S. (unde s-a utilizat pînă de curînd în amestec cu NaOH) — la aceste cazane el intensifică procesul de coroziune al ţevilor de ecran — se recomandă drept alcalii nevolatile pentru alcalinizarea apei de alimentare: NaOH, KOH şi LiOH.

În toate cazurile de spargeri de ţevi semnalate de literatura de specialitate, prin utilizarea unuia dintre aceşti hidroxizi nevolatili s-au eliminat definitiv asemenea neplăceri. Informaţii despre combaterea unor substanţe cu potenţial de oxidare ridicat prin alcalinizarea apei de alimentare cu NaOH se găsesc de asemenea în literatură. Asemenea substanţe sînt materiile organice provenite din condensatul industrial returnat, care se descompun în cazan în produse cu caracter acid, scăzînd brusc pH-ul apei de cazan.

Alcaliile nevolatile se dozează în apa de alimentare, de regulă după degazor, pentru protejarea economizorului. Apa de alimentare pentru reglarea temperaturii aburului trebuie prelevată înainte de corecţia de pH. Dozele de alcalii volatile sînt diferite în diferite ţări. Astfel, la cazanele de presiune de 18,0/16,5 MPa aferente blocurilor de 300 - 500 MW în condensaţie, alcalinizarea apei de alimentare se face pînă la $pH = 9{,}5 \pm 0{,}3$, iar cantitatea de LiOH în apa de cazan este de 0,2—0,4 mg/l (Anglia). Cam aceleaşi doze de LiOH s-au utilizat şi în U.R.S.S. cu titlu experimental, dar aici s-a semnalat apariţia unor concentrări locale mari de LiOH în treapta a doua de vaporizare (3—6 mg/l) şi pentru preîntîmpinarea coroziunii în treapta salină nu se recomandă utilizarea LiOH la cazane cu mai multe trepte de vaporizare. S-a utilizat în schimb NaOH la $pH = 9{,}1-9{,}3$ în apa de alimentare şi $pH = 10$ în treapta curată a cazanului, fără să apară coroziuni. La utilizarea alcaliilor nevolatile pentru corecţia de pH s-a remarcat creşterea conductivităţii apei de alimentare faţă de normele stabilite pentru alcalii volatile. Conductivitatea optimă pentru favorizarea formării stratului protector pe suprafaţa interioară a ţevilor de cazan s-a determinat prin încercări termochimice ea este de circa 50 μS/cm. În R.F.G., la CET Manheim, pentru combaterea fragilităţii cristaline apărută în regimul alcalinizării apei de alimentare cu amoniac şi hidrazină a unor cazane de 13,6 MPa pe păcură, s-a utilizat cu bune rezultate NaOH (0,07 mg/l) sau KOH (0,02 mg/l).

Necesitatea utilizării alcaliilor nevolatile nu este oportună pentru toate cazanele, ci numai pentru cele care au dat probleme în regimul cu alcalii volatile.

Ea se impune în special la cazanele cu tambur şi circulaţie unică, alimentate cu apă foarte pură ca urmare a finisării prin pat mix

($pH = 6{,}5-6{,}8$), sau acolo unde apa de alimentare este impurificată cu substanțe cu potențial mare de oxidare.

În toate aceste cazuri concrete, dozele necesare de alcalii nevolatile, precum și caracteristicile apei de alimentare și de cazan se vor stabili numai prin cercetare pe baza unor probe termochimice efectuate asupra cazanului respectiv.

Pentru a evita posibilitatea formării de concentrații locale mari de alcalii prin diguzia la suprafața metalului, sub depunere, este interzisă utilizarea alcaliilor nevolatile fără spălarea chimică prealabilă a cazanului.

Ing. **Ana Niculescu**
— ICEMENERG —

Invenții — inovații*)

Procedeu de obținere a unor aditivi de combustie a păcurilor sulfuroase

— Cerere de brevet nr. 93 518
— Brevet România nr. 75 057

Autori : ing. Aurel Cobzaru, ing. Gavril Muscă, dr. ing. Dumitru Goidea și ing. Octavian Manu

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) București

Prezenta invenție se referă la un procedeu îmbunătățit de obținere a unui aditiv de combustie a păcurilor sulfuroase, pe bază de oxid de magneziu, și constituie o perfecționare a invenției principale, brevet R.S.R. nr. 61 443.

Arderea păcurilor sulfuroase în agregatele termoenergetice ridică o serie de probleme datorită impurităților ce există în acești combustibili, și anume compuși cu sulf, vanadiu și sodiu. În timpul arderii aceștia se transformă în dioxid și trioxid de sulf, în oxizi de vanadiu și sodiu și combinații complexe, care provoacă pe traseul gazelor de ardere puternice coroziuni, datorite atît acidului sulfuric ce ia naștere prin combinarea trioxidului de sulf cu apa, cît și depunerilor de oxizi topiți ce se lipesc pe țevile schimbătoare de căldură, afectînd negativ transferul termic al cazanului.

Cînd se impune arderea păcurilor sulfuroase în termocentrale sînt necesare o serie de măsuri suplimentare, care au drept scop diminuarea efectelor negative provocate de arderea impurităților din acești combustibili.

Una dintre cele mai importante măsuri ce se practică este utilizarea unor aditivi de combustie care acționează atît la reducerea coroziunii de joasă temperatură, cît și a celei de înaltă temperatură, prin săruri topite, și chiar asupra emisiei de poluanți.

În ultimii ani s-au propus diverși aditivi de combustie, a căror clasificare este îngreunată de diversitatea produselor propuse, cei mai importanți dovedindu-se a fi cei pe bază de magneziu, calciu și aluminiu.

Prin invenția principală, brevet R.S.R. nr. 61 443, s-a propus realizarea unui aditiv de combustie avînd ca element activ oxidul de magneziu, care se prezintă ca o suspensie stabilă a acestuia într-un lichid-suport bazat pe produse petroliere și reziduuri rezultate la hidrogenarea acizilor grași ; acest procedeu a permis obținerea unui aditiv eficace, care diminuează coroziunile la arderea păcurilor sulfuroase în termocentrale.

S-a constatat că la realizarea aditivului conform procedeului menționat, pentru concentrații ridicate în element activ în produs, sînt necesare utilaje speciale și consum energetic important.

Procedeul ce constituie obiectul invenției prezentate înlătură aceste dezavantaje, prin introducerea în lichidul-suport, pe lîngă produsul petrolier și reziduurile de alcooli superiori, a unor mici cantități de produse cu capacitate ridicală de saponificare, cum ar fi acidul oleic, stearic etc., ceea ce permite atît mărirea concentrației în element activ, cît și utilizarea unor utilaje simple de contactare solid-lichid, pentru un timp redus și cu un consum energetic redus.

Conținutul în produse cu indici înalți de saponificare este de 0,2 — 1,5 % în greutate față de greutatea totală a aditivului.

În continuare se dau exemple de realizare a invenției.

Exemplul I

Într-un vas prevăzut cu agitator se introduc 4,5 kg ulei mineral cu viscozitate de 2°E la 50°C, se încălzesc la 70°C, se adaugă 0,350 kg reziduuri de la distilarea produsului de hidrogenare a acizilor grași cu peste 16 atomi de carbon și 0,1 kg stearină ; se agită pînă la completa dizolvare a constituenților solizi și apoi se adaugă treptat 5 kg de oxid de magneziu cu o granulație sub 0,04 mm și se recirculă amestecul cu o pompă cu roți dințate, care asigură astfel o bună contactare a fazei lichide și a celei solide. Operația este favorizată de menținerea în vas a unei temperaturi de 60 — 70°C.

Se realizează într-un timp scurt o dispersie uniformă și stabilă, cu bune proprietăți de curgere și pompabilitate.

Exemplul II

Într-un vas cu agitare se introduc 5 kg ulei mineral cu o viscozitate de 2°E la 50°C, se încălzesc la 70°C, se adaugă 0,350 kg reziduuri de hidrogenare a acizilor grași și 0,1 kg acid oleic ; se adaugă treptat 5,5 kg oxid de magneziu, în timp ce lichidul-suport este recirculat cu o pompă cu roți dințate.

Procesul este favorizat de încălzirea la 60 — 70°C a vasului cu agitare.

Se obține un produs omogen, stabil și pompabil.

Fără utilizarea acidului oleic sau stearic, procedeul de obținere a aditivului conform exemplelor I și II nu poate fi pus în operă decît cu ajutorul unor utilaje puternice de frecare, acționînd timp îndelungat, pentru obținerea unui produs cu aceleași caracteristici.

Prin aplicarea invenției se realizează produse omogene, stabile, pompabile la concentrații înalte în element activ, utilizînd utilaje simple, ieftine și cu un consum energetic redus, produse ce pot fi ușor și precis dozate la arderea păcurilor sulfuroase.

Aditivul se fabrică curent, conform acestor două invenții la Întreprinderea chimică Rîșnov și se livrează centralelor termoelectrice care folosesc pentru ardere păcura sulfuroasă și care sînt dotate cu instalații speciale de aditivare.

*) rubrică întocmită de ing. C. Văideanu — ICEMENERG.

Procedeu şi instalaţie de aditivare a păcurii sulfuroase pentru cazanele mici de abur şi apă fierbinte

— Cerere de brevet nr. 96 687
— Brevet România nr. 75 535

Autori : ing. Vana Viorica Neaţu, ing. Georgeta Magdalena Matei, dr. chim. Maria Maftei, ing. Aurel Cobzaru, ing. Pătra Dordea, ing. Florin Vasile, ing. Dumitru Rusu şi subing. Nicolae Hristescu

Titular : Institutul de cercetări şi modernizări energetice (ICEMENERG) Bucureşti

Invenţia de faţă se referă la un procedeu şi o instalaţie de aditivare a păcurii sulfuroase pentru cazanele mici de abur şi apă fierbinte în care aditivul de combustie, fabricat conform brevetului de invenţie R.S.R. nr. 61 443 (suspensie coloidală de oxid de magneziu în ulei mineral), este dozat în conducta de păcură la intrarea într-un rezervor-tampon.

Aditivii de combustie a păcurii cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu sînt utilizaţi în scopul reducerii intensităţii fenomenelor de coroziune de temperatură înaltă şi joasă şi al friabilizării depunerilor.

Sînt cunoscute procedee şi instalaţii de aditivare a păcurii sulfuroase în care sînt utilizaţi diverşi aditivi ; aceştia sînt introduşi fie în combustibil — direct într-un rezervor-tampon sau înainte de injector, cu ajutorul unei pompe dozatoare —, fie direct în cazan — atît în mod continuu în zona de combustie, cît şi discontinuu în zona depunerilor.

Aceste procedee prezintă o serie de avantaje ; spre exemplu, procedeele în care insuflarea aditivului are loc direct în cazan au o eficienţă redusă, întrucît reacţia de formare a anhidridei sulfurice şi pentaoxidului de vanadiu — elementele nocive care duc la apariţia fenomenelor de coroziune de joasă, respectiv de înaltă temperatură — are loc anterior introducerii aditivului în focar. În cazul utilizării procedeelor prin care aditivul este introdus în combustibil direct într-un rezervor-tampon, apar ca dezavantaje atît faptul că nu se realizează o amestecare intimă a acestuia cu păcura sulfuroasă, deci nu se obţine o bună omogenizare, cît şi acela că se creează posibilitatea sedimentării aditivului în timp nu numai pe fundul rezervorului, ci şi pe conductele spre arzătoare, deci a unor eventuale obturări ale secţiunii conductei de combustibili sau chiar a unor înfundări.

Procedeele de aditivare cu ajutorul pompelor dozatoare înlătură dezavantajele procedeelor de mai sus, dar instalaţiile aferente sînt puţin robuste şi creează dificultăţi în exploatare.

Procedeul prezentat înlătură dezavantajele menţionate, prin aceea că permite o amestecare intimă a aditivului, fabricat conform brevetului R.S.R. nr. 61 443, cu combustibilul, ceea ce duce la diminuarea substanţială a efectelor depunerilor şi coroziunilor, concomitent cu utilizarea unei instalaţii simple, care asigură creşterea siguranţei în exploatare.

Aditivul de combustie se dozează în funcţie de conţinutul de sulf şi vanadiu din păcură, de valoarea excesului de aer şi de starea suprafeţelor schimbătoare de căldură.

În cazul cazanelor mici de abur şi apă fierbinte, doza optimă de aditiv injectată se calculează astfel, încît raportul gravimetric dintre conţinutul de magneziu din aditiv şi cel de vanadiu din păcură să fie : $Mg/V = (2{,}5-4{,}5)/1$.

La arderea păcurii cu un conţinut de sulf de 2,5—3,3 şi de vanadiu 50—90 părţi per milion într-un cazan de 50 t/h abur (temperatură abur 450°C, presiune abur 40 kgf/cm^2), s-a constatat că prin aditivare are loc o reducere a coroziunii sulfurice (de joasă temperatură) cu 40—80 % (în funcţie de excesul de aer şi de raţia de aditivare), concomitent cu friabilizarea depunerilor.

Procedeul de aditivare a păcurii sulfuroase pentru cazanele mici de abur şi de apă fierbinte constă în dozarea aditivului în conducta de păcură la intrarea într-un rezervor-tampon situat între preîncălzitoare şi staţia de pompare, fapt ce permite amestecarea intimă a aditivului cu combustibilul, avînd ca efect creşterea eficienţei aditivării.

Procedeul conform invenţiei se realizează prin intermediul unei instalaţii simple, cu care aditivul este dozat cu ajutorul unui robinet prin curgere liberă din rezervorul de consum.

În cele ce urmează se dă un exemplu de realizare a invenţiei (fig. 1, 2 şi 3). Prin deschiderea robinetului *1* are loc curgerea

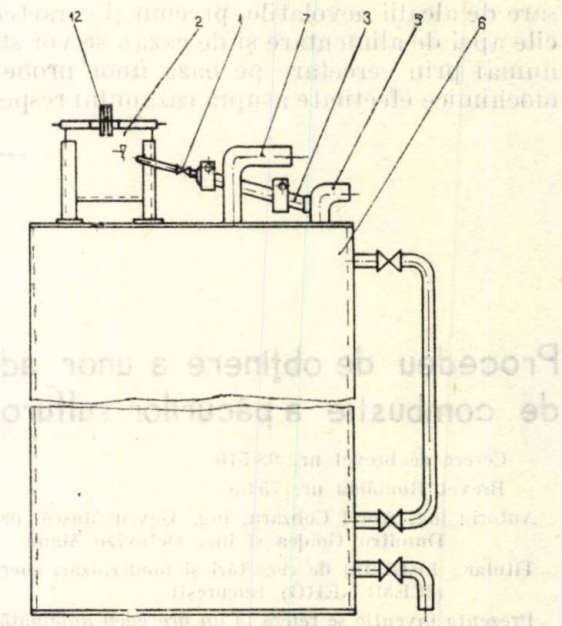


Fig. 1. Vedere schematică frontală a instalaţiei de aditivare a păcurii sulfuroase.

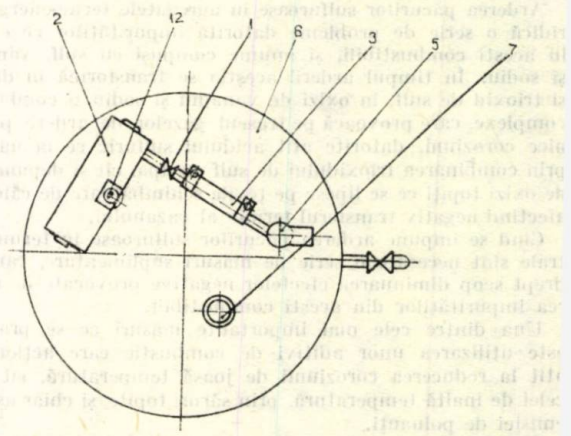


Fig. 2. Vedere schematică de deasupra a instalaţiei de aditivare a păcurii sulfuroase.

liberă a aditivului de combustie (fabricat conform brevetului R.S.R. nr. 61 443) din rezervorul de consum *2*, prin racordul de cauciuc *3*, în pipa *4*, care permite introducerea aditivului direct în vîna de păcură a conductei de alimentare *5* a rezervorului-tampon de păcură *6*, aflat între preîncălzitoare şi staţia de pompare către injectoarele cazanului. Punctul de injecţie a aditivului în conducta *5* se află la o distanţă de 100—200 mm de intrarea în rezervorul-tampon *6*. Aditivul de combustie aflat în rezervorul de consum *2* la presiunea atmosferică şi la o temperatură de 15—35°C se amestecă intim cu jetul de păcură, care are o temperatură de 70—90°C. Rezervorul-tampon este prevăzut cu un ştuţ de aerisire *7* ; prin urmare, păcura aflîndu-se în rezervor la presiune atmosferică, nu este necesară injecţia sub presiune a aditivului în conducta de combustibil, ci este suficient ca atît fundul rezervorului de consum *1*, cît şi racordul de cauciuc *3* să aibă un unghi de înclinare de 2—10°. Pipa *4*, care are rolul de a nu permite păcurii să pătrundă pe traseul aditivului, este rigidizată de conducta de păcură *5*, pri

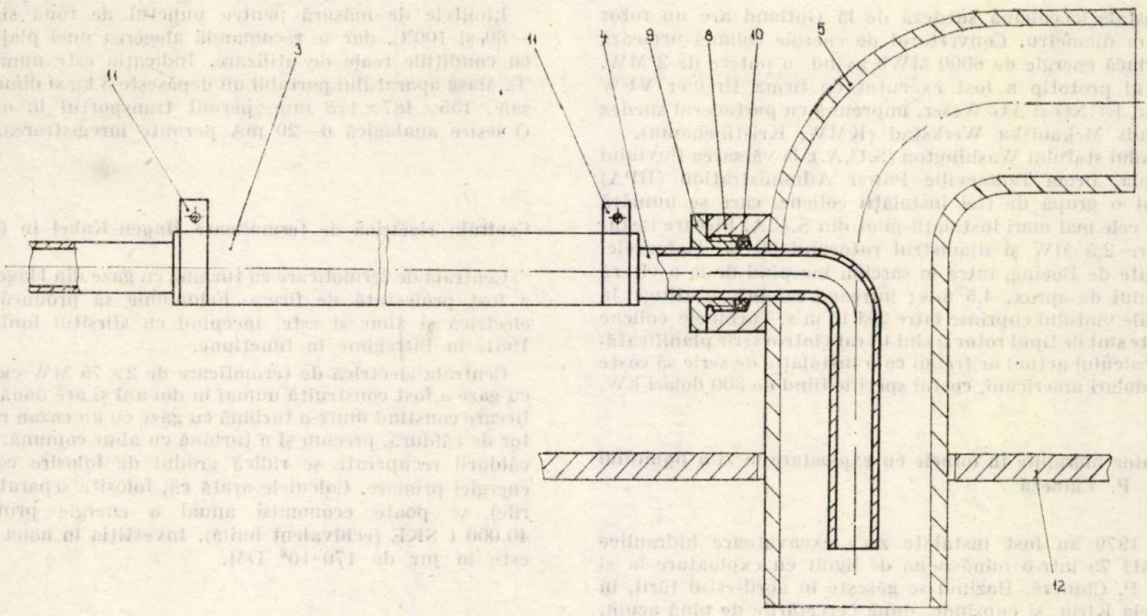


Fig. 3. Secțiune după linia A—A din figura 2.

intermediul suportului *8* și al piuliței speciale *9*, etanșeizate cu garnitura *10*.

Utilizarea unui racord de cauciuc *3*, fixat cu ajutorul colierelor metalice de strîngere *11*, permite o intervenție rapidă și ușoară în cazul unei funcționări necorespunzătoare a instalației de aditivare.

Controlul debitului de aditiv injectat (calculat în funcție de cantitatea orară de păcură folosită la cazan) se realizează printr-un sistem de urmărire a nivelului aditivului în rezervorul de consum *12* (miră cu flotor etc.).

În instrucțiunile de exploatare a instalației se vor indica gradațiile robinetului *1*, corespunzătoare diferitelor valori ale debitului de păcură și, respectiv, ale dozei de aditiv.

Procedeul și instalația descrise prezintă următoarele avantaje :

— se realizează amestecarea intimă a aditivului cu combustibilul, fapt ce duce la creșterea eficienței aditivării și, ca urmare, la diminuarea substanțială a intensității coroziunii sulfurice ;

— instalația este deosebit de simplă și nu creează probleme legate de utilaje și materiale ;

— exploatarea este simplă și sigură, fapt ce permite creșterea siguranței în funcționare.

Bibliografie

[1] * * * Brevete Franța nr. 2155917 ; 2196382.
[2] * * * Brevete S.U.A. nr. 3692503 ; 3926577 ; 3980449.

Noutăți tehnico-științifice*)

În S.U.A., pentru prima dată, mai multă energie electrică obținută din energia nucleară decît din păcură

În anul 1980, în energetica S.U.A. s-a produs pentru prima dată mai multă energie electrică din energia nucleară decît din păcură. Datele publicate de Ministerul Energiei al S.U.A. au pus în evidență producerea în anul 1980 pe cale nucleară a 11% (251 122 $\cdot 10^6$ kWh) din cantitatea totală de energie electrică, în timp ce în centralele termoelectrice alimentate cu păcură s-au produs 10,8% (246 226 $\cdot 10^6$ kWh) din total. Cărbunele continuă să fie purtătorul de energie nr. 1, cu o pondere de 50,8% (1 160 802 $\cdot 10^6$ kWh) din cantitatea totală de energie livrată în 1980. Alte surse de energie pentru acoperirea necesarului pe anul 1980 în S.U.A. au fost : gazul natural 15,1% sau 345 914 $\cdot 10^6$ kWh), energia hidraulică (12,1% sau 276 026 $\cdot 10^6$ kWh), precum și energia geotermală, lemnul și alte reziduuri (0,2% sau 5503 $\cdot 10^6$ kWh).

Instalații eoliene de putere

Convertorul de energie eoliană proiectat și construit de Dornier, Friedrichshafen, după principiul Darrieús, a fost probat din aprilie 1979 pe Schauinsland la Freiburg. O instalație de 20 kW a fost proiectată pentru Argentina. Datele tehnice ale instalației-prototip sînt :

— diametrul rotorului	5,5 m
— înălțimea totală	6,5 m
— numărul de palete rotorice	2—4
— puterea electrică la ieșire	1 kW, la o viteză a vîntului de 6,5 m/s și aprox. 70 min^{-1}
— viteza de durată suplimentară	30 m/s
— Böen pe timp scurt	pînă la 45 m/s

În decembrie 1979 s-a pus în funcțiune la Schnittlingen/Stätten o nouă instalație eoliană de 10 kW. Ambele palete, care sînt executate din material plastic cu fibre de sticlă, au, în ciuda lungimii de 5,5 m, numai 31 kg. Această instalație a costat 500 000 DM și este destinată să alimenteze consumatorii mici, la care se poate atinge puterea nominală la o viteză a vîntului relativ scăzută, de 8,5 m/s. Rotorul, cu cele două palete, se învîrte cu 135 rot/min. La o dublare a vitezei vîntului de la 8,5 m/s la 17 m/s, se obține o putere de 8 ori mai mare, și anume 80 kW. Deoarece generatorul este proiectat pentru 10 kW, intervine o problemă de reglare rapidă pentru menținerea constantă a sarcinii (se face poziționarea paletelor rotorului după axa longitudinală) corespunzătoare celei de la 8,5 m/s. La o viteză medie anuală a vîntului de 4,7 m/s se produce anual o cantitate de energie de 22 000 kWh.

*) rubrică întocmită de ing. A. Roșu — ICEMENERG.

O instalație eoliană suedeză de la Gotland are un rotor de 75 m diametru. Convertorul de energie eoliană urmează să producă energie de 6000 MWh avînd o putere de 2 MW. Proiectul prototip a fost executat de firma Bremer VFW -Fokker, ERNO și AG-Weser, împreună cu partenerul suedez Karlstads Mekaniska Werkstad (KMW, Kristinehamn).

În sudul statului Washington (S.U.A.), la vărsarea fluviului Columbia, firma Bonneville Power Administration (BPA) a testat o grupă de trei instalații eoliene, care se numără printre cele mai mari instalații-pilot din S.U.A. Fiecare instalație are 2,5 MW și diametrul rotorului 90 m. Rotoarele, executate de Boeing, intră în sarcină începînd de la o viteză a vîntului de aprox. 4,5 m/s; întreaga sarcină se atinge la viteze ale vîntului cuprinse între 9 și 15 m/s. Turbinele eoliene instalate sînt de tipul rotor și sînt livrate într-o serie planificată. După calculul actual ar trebui ca o instalație de serie să coste $2 \cdot 16^6$ dolari americani, costul specific fiind de 800 dolari/kW.

Excavator hidraulic în minele cu exploatare la zi a lignitului din R. P. Chineză

Din 1979 au fost instalate zece excavatoare hidraulice mari RH 75 într-o mină nouă de lignit cu exploatare la zi din R. P. Chineză. Bazinul se găsește în nord-estul țării, în provincia Kirin, și cuprinde, după cercetările de pînă acum, în circa 60 km², circa $2580 \cdot 10^6$ t cărbune. La o temperatură medie anuală de 2°C, în lunile de iarnă temperatura coboară pînă la —40°C.

Excavatorul hidraulic, în greuate de 135 t, este înzestrat cu o cupă de 8,1 m³, care încarcă camioane grele de 75 t. Extracția cărbunelui a început în anul 1980. În prima etapă se vor extrage anual $3 \cdot 10^6$ t, în timp ce a doua va fi atinsă în anul 1985.

Se estimează o producție finală de $10 \cdot 10^6$ t/an.

Uscător de șlam

Prepararația bazinului Lorena (Franța) a comandat la „Compagnie Française Buttner" o instalație de uscare a șlamului. Această instalație va permite alimentarea cu combustibil a centralei Emile Huchet din Carling cu 120 t/h. Ea cuprinde un uscător rotativ de 33 m lungime și 4 m diametru, precum și un electrofiltru de 223 000 Nm³/h. Randamentul ridicat al instalației permite evacuarea gazelor de ardere la coș cu un conținut de cenușă mai scăzut, de 100 mg/Nm³.

Măsurarea punctului de rouă

Determinarea parametrilor higrometrici în funcție de punctul de rouă într-un gaz sau în aer poate fi considerată ca o metodă directă și precisă. Fluidul gazos este adus să-și condenseze umiditatea pe oglinda răcită, prin efectul Peltier, în timp ce temperatura suprafeței acestei oglinzi este măsurată în permanență cu precizie. Se poate realiza o măsurare directă asupra amestecului gazos răcit pînă la saturația vaporilor de apă în aer sau în gaz. Alte metode care conduc la modificarea caracteristicilor fizice ale elementului de măsură, ca, de exemplu, alungirea, rezistivitatea, capacitatea, nu pot fi luate în considerație ca metodă indirectă de măsurătoare higrometrică.

Aparatul DP-9-u, prezentat de societatea elvețiană MBW, este ușor și portabil și servește la determinarea punctului de rouă cu ajutorul metodei oglinzii răcite în conductele de gaz sau de aer comprimat.

Pus la punct în mod particular pentru evidențierea umidității în SF_6, utilizată în disjunctoare și aparate de înaltă tensiune, aparatul poate fi livrat cu sau fără pompă auxiliară pentru circuitul închis de gaz cu presiunea pînă la 10 bar. Aparatul își găsește în fiecare zi noi aplicații în instalațiile care utilizează gaz sau aer sub presiune.

Limitele de măsură pentru punctul de rouă sînt între —80 și 100°C, dar se recomandă alegerea unei plaje vecine cu condițiile reale de utilizare. Indicația este numerică, în °C. Masa aparatului portabil nu depășește 8 kg și dimensiunile sale, 155 × 487 × 175 mm, permit transportul în orice loc. O ieșire analogică 0—20 mA permite înregistrarea.

Centrala electrică de termoficare Hagen-Kabel în funcțiune

Centrala de termoficare cu turbină cu gaze din Hagen-Kabel a fost proiectată de firma Feldmühle să producă energie electrică și abur și este, începînd cu sfîrșitul lunii aprilie 1981, în întregime în funcțiune.

Centrala electrică de termoficare de 2 × 75 MW cu turbine cu gaze a fost construită numai în doi ani și are două blocuri fiecare constînd dintr-o turbină cu gaze cu un cazan recuperator de căldură, precum și o turbină cu abur comună. Pe baza căldurii recuperate se ridică gradul de folosire comună a energiei primare. Calculele arată că, folosite separat (grupurile), se poate economisi anual o energie primară de 40 000 t SKE (echivalent huilă). Investiția în noua centrală este în jur de $170 \cdot 10^6$ DM.

Recuperarea energiei cu turbină cu destindere cu freon

Pentru recuperarea energiei se folosește o turbină cu destindere, care poate lucra, de exemplu, cu freon sau amoniac. Temperatura căldurii reziduale se găsește între 70 și 200°C și folosește un sistem de schimb intermediar ca purtător de energie pentru fluidul care se destinde și care se alege în funcție de temperatura sursei de căldură. Turbina de destindere este integrată într-un ciclu de recuperare închis și poate după necesități, să antreneze o pompă, un compresor sau un generator.

Componența sistemului (vaporizator, condensator, schimbător de căldură) se adaptează după cazul concret. Această posibilitate de recuperare a căldurii se folosește astăzi în diferite ramuri de producție: chimie, industria cimentului, industria textilă.

O mare instalație experimentală de hidrogenare a cărbunelui de la Bottrop

O mare instalație experimentală de fluidizare a cărbunelui a fost construită la Bottrop de firmele Ruhrkohle AG și Veba Oel AG. Investiția costă $220 \cdot 10^6$ DM.

Instalația de petrol din cărbune de la Bottrop lucrează după un procedeu de „fluidizare" catalitică a cărbunelui care este dezvoltat ca „tehnologie germană nouă" (Neue Deutsche Technologie) din procedeul mai vechi I.G. Proiectul anterior al instalației este Kohlöl-Technikum (tehnologie de lichefiere a cărbunelui) din mina experimentală din Essen-Kray, care livrează date (de cercetare) experimentale din 1975 pentru Land Nordrhein-Westfalen.

La Bottrop urmează ca în anul următor să se obțină experiență și date pentru proiectarea, construcția și funcționarea unei instalații asemănătoare la scară industrială, care este planificată să fie în funcțiune în paralel cu instalația de la Bottrop și a cărei construcție poate să înceapă în cursul acestui an, de către Ruhrkohle și Veba Oel.

Procesul chimic are loc în sistem închis. Datele instalației sînt:

— mărimea instalației	58 700 m²
— numărul personalului	215
— costurile:	
— investiție (inclusiv costul punerii în funcțiune)	$220 \cdot 10^6$ DM
— funcționare anuală	$65 \cdot 10^6$ DM

— proiectată de către Ruhrkohle AG şi Veba Oel AG (fără anteproiect)	din 1977
— începutul construcţiei	mai 1979
— punerea în funcţiune	8 iulie 1981
— debitul de cărbune	200 t/zi lucru
— producţie (cantităţi zilnice)	30 t ulei uşor; 70 t ulei mijlociu; 20 t gaz lichid; 20 t gaz de combustie
— prelucrarea ulterioară în :	păcură, combustibil Diesel şi combustibil primar pentru gazeificare, benzină chimică, gaz de combustie

Monografii

Din evoluţia concepţiei şi soluţiilor pentru alimentarea cu energie electrică a oraşului Bucureşti

Ing. **Paul Cartianu**

Originea primei centrale publice a oraşului Bucureşti: Grozăveşti I (1888—1912)

Centrala complexă Grozăveşti, menţionată în două publicaţii recente [1] şi [2], deşi nu este „prima amenajare de centrală hidroelectrică cu caracter industrial din ţara noastră, realizată în 1888—1890" [1—p. 33], ceea ce vom arăta cu altă ocazie, merită o prezentare mai largă, deoarece dovedeşte o concepţie tehnică şi energetică foarte înaintată din partea iniţiatorilor.

Această centrală este primul exemplu de folosire complexă a apelor unui rîu, integrată în două mari realizări ale epocii: alimentarea cu apă din Dîmboviţa a oraşului şi regularizarea acestui rîu, lucrare constînd în rectificarea traseului şi adîncirea albiei spre a evita frecventele inundaţii şi a coborî nivelul apelor freatice de pe aria oraşului. Energia acestei ape devenea şi sursa producerii de energie mecanică pentru pomparea apei în oraş şi pentru producerea de energie electrică.

Preocupările Primăriei oraşului Bucureşti de a asigura alimentarea oraşului cu apă potabilă de bună calitate, accentuate de la mijlocul secolului trecut, au condus la elaborarea unor studii şi proiecte de către specialişti străini, avînd ca finalizare acceptarea proiectului specialiştilor Culmann, profesor la Şcoala politehnică din Zürich, şi Bürkli-Ziegler, inginer-şef al aceluiaşi oraş. Început la sfîrşitul anului 1879, proiectul a permis primăriei ca, pe baza lui, să contracteze la 6 octombrie 1882 executarea lucrărilor de către Societatea română de construcţiuni şi lucrări publice. Ele cuprindeau în principal captarea apelor Dîmboviţei în amonte de oraş, la Bîcu, un ansamblu de decantoare şi filtre la Arcuda, o conductă de aducţiune de circa 16 km şi un rezervor cu capacitate egală cu consumul zilnic, la Cotroceni, pe o platformă dominînd o parte a oraşului. Aceste lucrări au fost executate între 1883 şi 1885, cu circa 2,5 milioane lei.

Pentru distribuirea apei sub presiune în oraş s-a prevăzut o staţie de pompare în zona Grozăveşti, primind apa sub o diferenţă de nivel de 19 m din rezervorul Cotroceni [3—p. 8/15].

Autorii proiectului au prevăzut judicios ca la acţionarea acestor pompe să se folosească energia apelor Dîmboviţei.

Concepţia centralei Grozăveşti I

În acest scop a fost concepută, pe parcursul în curs de regularizare, o centrală hidromecanică*) cu debit nominal de 4,00 m^3/s şi cu o cădere de 6,00 m.

În perioada executării lucrărilor de alimentare cu apă şi a regularizării Dîmboviţei, desfăşurate între 1883 şi 1885, este numit director al lucrărilor tehnice ale oraşului inginerul Nicolae Cucu-Starostescu**).

Procedînd la o analiză detaliată a proiectului Culmann-Bürkli-Ziegler, inginerul N. Cucu-Starostescu constată necesare unele îmbunătăţiri, care formează obiectul unui nou proiect, din 15 decembrie 1885.

Stabilind că a fost subestimată puterea necesară pompării apei, acesta propune o amplasare mai în amonte a centralei hidroelectrice, spre a obţine o cădere mai mare şi o creştere a debitului la 6 m^3/s, prin realizarea unei acumulări cu compensare zilnică, ceea ce permitea o mărire a puterii instalate.

Excedentul de putere între soluţia nou propusă şi cea anterioară — chiar dacă nu era

*) Concepţia de a lega regularizarea unui rîu cu executarea unei centrale hidroelectrice s-a aplicat mai tîrziu, în 1908—1910 şi riului Bega, realizîndu-se centrala hidroelectrică Timişoara.

**) A fost absolvent al primei şcoli de inginerie înfiinţată în 1867, „Şcoala de punţi, mine şi arhitectură", radical reorganizată în 1881; s-a remarcat ca hidraulician prin lucrările publicate cu „Baurat" A Thiem, din Leipzig, citate în „Hidraulica" lui Forchheimer şi prin proiectele de alimentare cu apă a oraşului Bucureşti, apreciate deosebit de A. Daubrée, academician francez, consultat la acea epocă [7—p. 3].

necesar de la început pentru pomparea apei — putea fi utilizat „cu cel mai mare succes, fie la creațiunea unei *stațiuni centrale de electricitate* cu care să ne iluminăm splaiurile, bulevardul, grădinile etc., fie pentru a o închiria industriei private pentru construcțiunea unei mori sau altele" [3—p. 28].

Iată deci că numai la trei ani după punerea în funcțiune în lume a primei centrale de distribuție publică, la New York, de către Edison, „inginerul-cap" (șef) N. Cucu-Starostescu se gîndea pentru București, cu o populație atunci de 200 000 locuitori, la o *„stațiune centrală de electricitate"*.

Și ea s-a realizat ca centrală hidro-termo-mecanică-electrică, a cărei echipare și evoluție sînt expuse în [1] și [2].

Asupra structurii, sînt cuprinse precizări și în memoriul din luna decembrie 1905 al expertului hidrolog W. H. Lindley [4—p. 23], care menționează că „trei grupe de pompe existente puse în mișcare fiecare prin o turbină de 180—220 CP, putere efectivă... și cîte o mașină de vapori de 200—220 CP efectivi pentru cazul cînd apa din Dîmbovița, necesară punerii în mișcare, ar lipsi". De asemenea mai menționa comandarea unei a patra pompe.

Complexitatea instalației dădea economiei soluții și conjuga avantajos producția hidraulică cu cea termică.

În ce privește data punerii în funcțiune, este posibil să fi fost înainte de 1889, deoarece lucrările importante de aducere a apei erau practic terminate din 1884 [4—p. 6/7].

Centrala a funcționat peste 20 de ani și a avut un rol important la primele folosiri ale energiei electrice, servind pentru a acționa „în timpul zilei pompele de alimentare cu apă ale orașului, iar în timpul nopții, parte din puterea ei acționează lămpile cu arc de pe bulevardele Carol, Elisabeta și Colțea (astăzi Republicii, Gh. Gheorghiu-Dej și Magheru) și șoseaua Kiseleff. Această forță hidraulică fiind ieftină, Comuna are tot avantajul să o întrebuințeze cît mai mult..." [5—p. 8].

La începutul secolului, Primăria București, cu „prevedere mai largă de viitor", mai avea în vedere și valorificarea altor resurse avantajoase din raza orașului.

— căderea de apă de 19 m dintre rezervorul de apă potabilă Cotroceni și nivelul Dîmboviței, la Grozăvești;

— creșterea debitului Dîmboviței prin aducerea apelor Argeșului;

— „crematorii sistematice" de deșeuri urbane, prevăzute să se realizeze în special în zona Abatorului comunal.

Aceste idei dovedesc preocupări de bună gospodărire energetică.

Avînd în vedere toate resursele menționate, primăria nu a concesionat în 1906 în mod exclusiv Societății generale de gaz și de electricitate alimentarea cu energie electrică, ci și-a rezervat acest drept pentru unele zone, luminatul unor străzi, precum și luminatul și forța motoare necesară localurilor și întreprinderilor comunale ale orașului.

Perspectivele deschise

Din această rezervare și din necesitatea alimentării rețelei tramvaielor electrice*) a rezultat hotărîrea construirii centralei termoelectrice pe păcură Grozăvești, pusă în funcțiune în 1912, cu o putere de 2×1 MW. Amplasarea ei a fost determinată de aceea a centralei din 1888, din a cărei amenajare aducțiunea a rămas cu funcția de a procura apa de răcire a condensatoarelor, sub cădere liberă. Noua centrală a fost inițiată și proiectată, în cadrul Direcției lucrărilor tehnice a orașului — director fiind inginerul B. Giulini (1911—1914) — de către inginerul D. Leonida, atunci șeful Serviciului electricității capitalei, (post în care urmase inginerului I. Ștefănescu-Radu), care studiase ingineria la Politehnica din Charlottenburg—Berlin și se manifesta ca promotor de mari proiecte energetice **).

În loc de a construi o nouă centrală, se oferise primăriei și soluția unei alimentări, prin linie electrică de înaltă tensiune, din centrala termoelectrică Cîmpina, cea mai mare atunci în țară, de 12 000 CP, care aparținea Societății „Electrica", furnizoare de energie electrică în principal regiunii petroliere.

Caracteristicile echipamentului inițial sînt interesante de reamintit ***).

Cazanele, în număr de patru, de tip Babcock Wilcox, fabricate de Întreprinderea „Vulcan" din București (purtînd numerele de fabricație 255—258), aveau suprafața de încălzire de 300 m², iar suprafața de supraîncălzire de 92 m².

Combustibilul folosit era păcura, dar cu posibilitatea transformării focarelor pentru a arde cărbuni, ceea ce dovedește un spirit de prevedere deosebit. Parametrii aburului: 15 ata și 350°C. Randamentul era de 0,722, ținînd seama de pierderile în conductele de alimentare a turbinelor și de consumul de căldură al turbopompelor de alimentare, precum și al injectoarelor de păcură.

*) În afara Societății de tramvaie, care exploata linia electrică de pe noile bulevarde deschise, Obor—Cotroceni, s-a înființat în 1909 o nouă societate de tip mixt, adică cu participarea comunei și a capitalului particular, care urma să desfășoare un program foarte dezvoltat.

**) Preocupat de asemenea realizări, a renunțat în 191[illegible] la activitatea electroenergetică a Capitalei, revenind însă din 1937 pînă în 1940 ca director tehnic la Societatea generală de gaz și electricitate.

***) Proiectul a fost verificat de inginerul Georg Klingenberg (1870—1925), fost profesor la Politehnica din Berlin și conducător al secției de construcții de centrale electrice la întreprinderea AEG, în care calitate a proiectat circa 70 de centrale. A scris o carte renumită la acea epocă, „Bau grosser Kraftwerke".

Turbogeneratoarele erau de tip AEG—Curtis, fabricate de AEG—Berlin, în număr de 2 a 1000 kW, 5000 V, 3000 rot/min.

Apa de răcire a condensatoarelor provenea din Dîmbovița, primită prin aducțiunea fostei Centrale hidraulice, iar apa de adaos a cazanelor din rețeaua orașului, tratată chimic.

Consumul specific în primul an de exploatare, 1913, a fost de 0,915 kg păcură/kWh, inclusiv încălzirea centralei și a păcurii; la probele de recepție din 1914, consumul specific a fost numai de 0,675 kg păcură pe kWh.

Recepționarea centralei de către Primăria Capitalei s-a făcut în noiembrie-decembrie 1914 de o comisie compusă din ing. N. Vasilescu-Karpen, profesor și apoi rector al Politehnicii din București, Th. Săvulescu și Constantin D. Bușilă, mai tîrziu profesor al Politehnicii din București și președintele Institutului Român de Energie [8—p. 892/894].

Construindu-se noua centrală pe păcură, de care se dispunea atunci în mari cantități, ca produs secundar al rafinăriilor, centrala hidroelectrică din 1888—1891 devenea numai stație de pompe, acționate electric.

Resursele energetice din raza orașului, pe care le avea în vedere primăria la 1905, nu mai răspundeau cerințelor de energie în creștere: potențialul hidraulic al căderii dintre Cotroceni și Grozăvești era mic, derivarea apelor Argeșului era o lucrare de proporții mari, care s-a executat abia între cele două războaie în scopul alimentării cu apă potabilă, al creșterii debitului de răcire la centrala Grozăvești etc., iar arderea deșeurilor urbane s-a încercat într-o centrală termică experimentală, însă fără succes, din cauza naturii resursei [9].

Centrala termoelectrică Grozăvești, a fost exploatată ca serviciu comunal (în cadrul Direcției lucrărilor tehnice ale orașului, după B. Giulini urmînd ca director ing. I. Venert, 1914—1921), iar din 1923 în cadrul întreprinderii cu autogestiune Uzinele comunale București împreună cu apa și canalul), constituită în 1923, conducerea tehnică avînd-o ing. Th. Săvulescu (1923—1927), șef al exploatării în acea epocă fiind inginerul Petre Lolescu (1923—1928).

Noua organizare a durat pînă la preluarea conducerii de către Societatea generală de gaz și electricitate, cum se arată mai departe.

Pe cînd centrala termoelectrică pe păcură Grozăvești fusese construită cu o destinație limitată, din 1908 funcționa și centrala Filaret, construită de Societatea generală de gaz și de electricitate din București, echipată cu trei agregate cu motoare Diesel de 0,420 MW (puteri limitare la limita de fabricație la acea epocă) și apoi încă două de 0,180 MW, în total 1,62 MW într-o clădire fundată pe circa 1000 piloți), care avea funcția să alimenteze practic tot orașul, zonele rezervate uzinei Grozăvești fiind de mici proporții.

Rezolvarea alimentării cu energie electrică a orașului dintr-o centrală publică a preocupat pe cîțiva primari de la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea, între care a fost și Barbu Delavrancea. Studiile tehnico-economice au fost întreprinse în cadrul Direcției lucrărilor tehnice ale orașului, condusă atunci de inginerul Al. Davidescu (1899—1911)*) stabilindu-se soluțiile care au fost apoi adoptate prin construirea centralei Filaret și a rețelei de distribuție de 5500/208/120 V. La ele a participat din 1902 noul inginer angajat, I. Ștefănescu-Radu, specializat în electricitate la Institutul electrotehnic Montefiore-Liège, care de atunci a rămas permanent în activitatea electroenergetică a Capitalei, din 1909 în serviciul Societății generale de gaz și electricitate din București, devenind director tehnic și apoi membru în consiliul de conducere pînă în 1948 **).

Existența în București, din 1912, a 2 centrale publice, aproximativ de aceeași putere, care alimentau 2 rețele de distribuție separate, exploatate de 2 administrații diferite nu era o soluție satisfăcătoare ***).

Această situație a încetat după preluarea de către Primăria Municipiului București, în 1924, a Societății generale de gaz și electricitate, avînd ca urmare asamblarea celor două organizații, sub conducerea personalului tehnic al societății, la care s-au adăugat noi angajați, necesari față de programele de perspectivă concepute. Totodată a fost lărgită conducerea prin angajarea profesorului I. S. Gheorghiu. Societatea a fost reorganizată ca întreprindere economică-publică cu largi competențe de autogestiune, autofinanțare și autoconducere.

Concluzii

Centrala Grozăvești (1888—1912) s-a bazat pe concepții care corespund cu cele actuale, prin următoarele caracteristici: folosire complexă a apelor rîului Dîmbovița, amenajarea întregului potențial energetic local (din zona orașului), soluție economică prin structura complexă, conjugare avantajoasă a energiei hidraulice cu cea termică, satisfacerea cerinței ca orașul București să dispună de o centrală publică, influențarea perspectivei prin determinarea

*) Mai tîrziu profesor al Politehnicii și autorul mai multor proiecte, dintre care cel mai important a fost cel referitor la irigarea generală a cîmpiei Munteniei.

**) A fost primul profesor de centrale, transport și distribuție a energiei electrice la Politehnica din București, precum și președintele Asociației generale a producătorilor și distribuitorilor de energie electrică din România.

***) A rezultat și un proces între cele două administrații, provocat de intenția de a se lărgi zona de alimentare din centrala Grozăvești, a cărei putere depășea cererea [6—p. 14].

amplasării centralei termoelectrice pusă în funcţiune în 1912 în aceeaşi zonă.

Cu toată lipsa de experienţă, ţinînd seama că era prima centrală din România pentru mai multe scopuri de interes public major şi că nu trecuseră decît cîţiva ani de la prima centrală publică, dar termoelectrică, din lume, iniţiatorii au dovedit o bună judecată tehnică şi energetică.

Bibliografie

[1] Dinculescu, C. (coordonarea generală). *Istoria energeticii şi electrotehnicii în România.* Editura tehnică, Bucureşti, 1981.

[2] Ţuţuianu, O. *Continuitatea instalaţiilor energetice în zona Grozăveşti-Bucureşti.* În : Energetica nr. 1, 1981, p. 47—53.

[3] Cucu, St. N. *Proiect pentru distribuţiunea apei în oraş. Canalizaţiune. Memoriu justificativ.* Bucureşti. Tipografia Carol Göbl, 1885.

[4] Lindley, W. H. *Memoriu general asupra alimentării cu apă a oraşului Bucureşti şi propuneri pentru îmbunătăţirea şi sporirea ei.* Minerva — Institut de Arte Grafice şi Editură, Bucureşti, 1906.

[5] Cantacuzino, G. *Expunere de motive din 1905 către Consiliul Comunal în vederea rezolvării luminatului Capitalei.*

[6] Ştefănescu-Radu, I. *Uzinele electrice Bucureşti 1908-1933 — 25 de ani de funcţionare.* Societatea generală de gaz şi de electricitate Bucureşti.

[7] Mateescu, Cr. *Evoluţia construcţiilor hidrotehnice în România.* Discurs rostit la 26 mai 1976 în şedinţă solemnă. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1977.

[8] Buşilă, C. D. *Rezultatele încercărilor cazanelor de abur şi turboalternatorilor din centrala electrică de la Grozăveşti.* În : Buletinul Societăţii Politehnice 1914, p. 992—994.

[9] *Cum sînt organizate şi cum funcţionează Uzinele Comunale.* Bucureşti, 1945.

Cronică

Primul Simpozion al reţelelor electrice

— Iaşi, 7-9 octombrie 1981 —

Simpozionul „Reţelele electrice", care a avut loc la Iaşi în perioada 7—9 octombrie 1981, inaugurează seria manifestărilor tehnico-ştiinţifice din acest domeniu, care vor avea loc anual în ţara noastră.

Recentul simpozion, organizat sub egida şi din iniţiativa Centralei industriale de reţele electrice (CIRE) şi cu concursul Întreprinderii de reţele electrice Iaşi, s-a bucurat de larga participare a specialiştilor din institutele de învăţămînt superior, din institutele de cercetare şi proiectare, din unităţile M.E.E. şi din alte unităţi industriale din ţară.

Cuvintele de salut şi urările de succes în desfăşurarea lucrărilor simpozionului din partea Comitetului Municipal al P.C.R. Iaşi, a conducerii Ministerului Energiei Electrice, a CIRE, a institutelor politehnice din Iaşi şi Bucureşti, a ISPE şi IRE Iaşi au confirmat faptul că reţelele electrice, prin rolul lor de legătură între sursă şi consumator, constituie o importantă componentă a sistemului energetic naţional, de a cărui funcţionare în deplină siguranţă depind realizările la nivelul economiei naţionale.

Simpozionul a fost iniţiat ca o manifestare tehnico-ştiinţifică pentru ridicarea nivelului de informare a specialiştilor din unităţile subordonate CIRE şi pentru crearea unui cadru adecvat în vederea efectuării unui util schimb de opinii între aceştia şi ceilalţi specialişti, din învăţămîntul superior, din institutele de cercetare şi proiectare, din construcţii-montaj, precum şi din unităţile mari consumatoare de energie electrică.

Timp de trei zile, specialiştii prezenţi la simpozion au analizat şi dezbătut, în cadrul celor trei secţii de lucru : „Concepţii noi privind dezvoltarea reţelelor electrice de transport şi distribuţie", „Preocupări pe linia exploatării şi întreţinerii reţelelor electrice, a automatizărilor, protecţiilor şi instalaţiilor de transmisie" şi „Soluţii de economisire a energiei electrice în reţelele de transport şi distribuţie", problematica majoră din acest sector energetic contribuind la propagarea experienţei înaintate din acest domeniu de vîrf al ştiinţei şi tehnicii româneşti.

Din confruntarea acestor opinii s-a urmărit desprinderea unor idei valoroase, care, aplicate în practică, să-şi demonstreze eficienţa şi să conducă la rezolvarea unor probleme deficitare.

Din cele peste 150 de referate şi comunicări, a căror tematică este puternic ancorată în politica energetică a statului nostru, s-au desprins unele dintre direcţiile de activitate pentru aducerea la îndeplinire a sarcinilor rezultate din documentele Congresului al XII-lea al P.C.R. privind creşterea siguranţei în funcţionare a sistemului energetic naţional, reducerea consumurilor proprii tehnologice şi a pierderilor din reţele, transportul cît mai raţional şi economic al energiei electrice.

Numărul mare de participanţi prezenţi la simpozion, circa 220, al comunicărilor şi al intervenţiilor a demonstrat interesul şi preocuparea perseverentă a lucrătorilor pentru soluţionarea la nivel superior a problemelor cu care se confruntă în cadrul acestui important sector al energeticii din ţara noastră.

Din referatele prezentate, precum şi din dezbaterile care au avut loc au rezultat următoarele concluzii mai importante :

1. Necesitatea reglementării impactului dintre reţelele de înaltă tensiune şi mediul înconjurător.
2. Dimensionarea LEA folosind metoda de calcul la stări-limită.
3. Îmbunătăţirea proiectării reţelelor de distribuţie urbane.
4. Reducerea tipodimensiunilor de stîlpi concomitent cu preocupările de sistematizare a reţelelor electrice.

5. Stabilirea și aplicarea conceptului de teleconducere a instalațiilor electrice de distribuție.
6. Extinderea folosirii calculatoarelor în procesul de proiectare a instalațiilor.
7. Asigurarea unui releu de frecvență cu performanțe superioare și fiabilitate mărită.
8. Noi soluții de tratare a neutrului rețelelor de medie tensiune.
9. Necesitatea acordării automate la rezonanță a bobinelor de stingere.
10. Reducerea consumului propriu tehnologic în rețelele de transport.
11. Reducerea consumului propriu tehnologic în LEA prin izolarea conductelor de protecție.
12. Îmbunătățirea metodei de alegere și dimensionare a sistemului de compensare.
13. Îmbunătățirea sistemului de reglaj al puterii reactive în stațiile de transformare și la consumatorii industriali.
14. Întocmirea unor studii și analize de către IRE la consumatorii de energie, colaborînd cu tehnologii acestora.

Analiza modului de organizare a simpozionului și a desfășurării lucrărilor acestuia a scos în evidență că pentru viitor este necesară îmbunătățirea tematicilor pe secții, astfel încît să fie incluse și lucrări care să trateze și să adîncească următoarele domenii:
— sistematizarea rețelelor;
— perfecționarea automatizărilor de sistem;
— aparatura de investigație și control utilizată de echipele de întreținere și exploatare a rețelelor;
— problemele legate de aspectul organizatoric al lucrărilor și de productivitatea muncii.

O parte din referatele prezentate la acest simpozion vor fi publicate în cîteva numere consecutive ale revistei „Energetica" din 1982, iar toate materialele, constituite în trei volume pe fiecare secție de lucru a simpozionului, vor apărea în colecția „Energetica-Supliment", vol. 4 și 5/1981 și vol. 1/1982.

David Marin — ICEMENERG

★

Al VI-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice"

În perioada 2—4 decembrie 1981 a avut loc la Piatra-Neamț al VI-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", manifestare de tradiție în țara noastră.

Actualul simpozion a avut și un caracter jubiliar, marcînd împlinirea a zece ani de la primul simpozion, din 1971 de la Galați, ceea ce a constituit un prilej de reflecție asupra drumului parcurs și rezultatelor obținute în promovarea de metode, soluții și tehnici pentru creșterea siguranței sistemului energetic, instalațiilor sale și echipamentelor aferente.

Lucrările simpozionului au avut loc în clădirea casei de cultură a sindicatelor din orașul Piatra-Neamț.

La ședința festivă de deschidere a simpozionului prof. dr. doc. ing. Vasile Nitu, de la Institutul politehnic București, a trecut în revistă etapele parcurse în cei zece ani, arătînd rezultatele deosebite ale școlii românești de fiabilitate, recunoscute pe plan internațional. S-a consemnat și lărgirea considerabilă a cercului de specialiști interesați de problematica simpozionului, cu specialiști din exploatare și din sfera fabricației de echipamente energetice, pe lîngă specialiștii din învățămînt, cercetare și proiectare.

Gazdele, prin tovarășa Albu, președinte al Consiliului Județean al Sindicatelor Județului Neamț și membru al C.C. al P.C.R., și prin tov. ing. Găitănaru, director al Întreprinderii de Electrocentrale Bistrița, au salutat pe participanți și au amintit că județul Neamț, pe lîngă bine cunoscuta sa vocație culturală, și-a afirmat și își afirmă puternic și vocația tehnică, aducîndu-și contribuția și în dezvoltarea energetică a țării.

Lucrările simpozionului s-au desfășurat în cadrul a trei grupe de lucru, la care s-au prezentat în total 64 referate, conform listei bibliografice anexate.

Grupa I — *Metode și procedee de calcul privind siguranța în funcționare* (referatele 1—27)

Din lucrări și din discuțiile în grupă a rezultat că metodele și procedeele de calcul al siguranței de care dispunem în prezent acoperă integral nevoile variate de calcul al siguranței la instalațiile energetice de toate categoriile.

Metodele de calcul pe care le avem sînt în pas cu dezvoltarea teoriei probabilității și statisticii matematice, evoluînd corelat cu acestea.

Pentru analiza siguranței și securității la centralele nucleare, s-au aplicat recent și metodele de analiză bazate pe arborii de defecțiuni.

Se constată un interes crescînd și o orientare netă către aplicarea metodelor de analiză a siguranței la evaluarea și influențarea disponibilității grupurilor termoenergetice, în special pe cărbune.

Pentru centralele electrice s-a subliniat interesul pe care-l prezintă indicatorii de disponibilitate și indisponibilitate, la caracterizarea siguranței acestor instalații.

În cadrul simpozionului s-au bucurat de atenție metodele de analiză a siguranței la centralele electrice, destinate atît analizelor pe termen lung (probleme de perspectivă), cît și analizei de siguranță pe termen scurt, pentru activitățile dispecerului energetic național (DEN).

Din lucrări și discuții a rezultat clar că metodele de calcul al siguranței elaborate în țara noastră sînt un instrument eficace de analiză și optimizare tehnico-economică a soluțiilor în energetică, ele neconstituind un scop în sine, ci fiind un auxiliar indispensabil în activitatea de proiectare și exploatare.

S-a afirmat și creșterea preocupărilor fabricațiilor pentru investigarea și aprofundarea aspectelor de siguranță la echipamentele energetice, în căutarea căilor pentru îmbunătățirea calității acestora. A fost subliniată necesitatea ca beneficiarii să ceară prevederea — prin contracte — a parametrilor de fiabilitate garantați de fabricant.

Grupa II — *Analiza gradului de siguranță obținut în cazul unor scheme concrete* (referatele 28—50)

În cadrul acestei grupe, s-a constatat o foarte oportună și pertinentă preocupare pentru îmbunătățirea urmăririi comportării în exploatare a instalațiilor și a echipamentelor energetice, vizînd îmbunătățirea

performanțelor de siguranță și o utilizare cît mai eficientă a acestor mijloace cu care este înzestrată economia națională.

S-a dovedit că urmărirea organizată, pe durate lungi de timp, a comportării instalațiilor și echipamentelor este unicul mijloc de apreciere obiectivă a măsurilor celor mai adecvate în mărirea siguranței.

În cazul grupurilor termoenergetice s-a subliniat tendința, manifestată în ultimul deceniu, de înrăutățire continuă a disponibilității, cu creșterea puterii unitare a grupurilor și cu înrăutățirea calității combustibililor solizi utilizați la centrale.

Această tendință nefavorabilă rezultă că poate și trebuie să fie contracarată prin activități inginerești specifice, bazate pe valorificarea informațiilor despre comportarea instalațiilor și a echipamentelor, localizarea punctelor slabe cu contribuție mare la indisponibilitate și ameliorarea soluțiilor care nu dau satisfacție, prin aplicarea analizelor de siguranță și selecție tehnico-economică a soluțiilor.

S-a semnalat valoarea deosebită a analizelor de siguranță și a informațiilor obținute din urmărirea comportării rețelelor electrice, în dezvoltarea de soluții pentru rețelele magistrale de înaltă tensiune, cu mai multe circuite pe stîlpi comuni, rețele cu implicații deosebite pentru siguranța SEN.

În lucrările grupei s-au afirmat preocupările și rezultatele bune obținute în organizarea și dotarea cu instalații speciale pentru conducerea operativă, ca mijloc de bază în realizarea funcționării sigure a sistemului energetic.

S-a propus ca în luna martie 1982, cu ocazia analizei ce se va organiza de CIPEET privind acțiunile de prevenire a avariilor în centralele electrice, să se facă și un schimb de păreri și informații în problema căilor de creștere a disponibilității grupurilor energetice.

Grupa III — *Influența modului de realizare și exploatare a instalațiilor asupra siguranței în funcționare. Soluții tehnice aplicate pentru mărirea siguranței în funcționare* (referatele 51—64)

În cadrul grupei au rezultat cîteva aspecte de importanță deosebită, semnalate mai jos.

Automatizările de insularizare a grupurilor energetice de pe platformele industriale introduse pentru menținerea alimentării consumatorilor prioritari, în caz de avarii de sistem, s-au dovedit eficiente. Comportarea grupurilor la insularizare pune unele probleme și este studiată în continuare, inclusiv prin probe de insularizare, în scopul coordonării cît mai eficiente a tuturor factorilor ce influențează succesul insularizării.

S-au afirmat preocupările pentru îmbunătățirea performanțelor de siguranță ale releelor fabricate în țară și pentru realizarea de noi relee cu performanțe ridicate, fapt foarte important, ținînd seama că o serie de soluții preconizate pentru automatizările de limitare a avariilor în sistem nu pot fi încă aplicate, din lipsa în țară a unor relee care sînt necesare.

Consemnăm la această grupă și interesul specialiștilor pentru o informare mai bogată în legătură cu comportarea în exploatare a bateriilor de condensatoare-șunt și echipamentelor aferente, astfel de instalații fiind introduse relativ recent în rețelele M.E.E. Un număr important de lucrări din această grupă a tratat problema creșterii siguranței în funcționare a transformatoarelor de putere, pe calea diagnosticării precoce a funcționărilor anormale și pe calea unei cît mai bune cunoașteri a condițiilor de lucru și solicitare a diverselor părți ale acestor echipamente și urmărirea bunei adaptări a soluțiilor constructive și de exploatare la condițiile de lucru.

★

Următorul simpozion de siguranță a fost anunțat pentru anul 1983, la Suceava, odată cu reuniunea CIGRE a Grupei de lucru 23—04 (Stații), ce se va ține în țara noastră.

Ing. **Persida Iancovici**
—ISPE—

Lista referatelor

1. V. I. Nitu (I. P. București): Stadiul actual al metodologiilor de calcul al fiabilității instalațiilor energetice.
2. V. Antonescu, S. Virgolici (IGSCCP): Considerații privind controlul calității și indicatorii de fiabilitate la echipamentele energetice.
3. Vl. Constantinescu, N. Furtunescu, G. Popescu (CIPEET) Unele aspecte privind fiabilitatea grupurilor energetice în exploatare.
4. L. Sava, R. Zane, P. Metes, A. Tănăsescu, N. Deac (CIRE): Aspecte privind organizarea în cadrul CIRE a activității de siguranță în funcționare. Rezultate obținute.
5. F. D. Lăzăroiu (I. P. București): Stadiul actual al cercetărilor și realizărilor practice ale fiabilității instalațiilor de automatizare și tehnicii de calcul.
6. V. I. Nitu (I. P. București): Principalele concluzii și orientări rezultate din activitatea Comitetului UNIPEDE/WEC de disponibilitate a grupurilor de mare putere.
7. B. Ungureanu (ISPE): A șaptea Conferință internațională privind calculul sistemelor energetice. Tematică și preocupări actuale.
8. S. Grigorescu, Gh. Oprișan (I. P. București): Direcțiile de dezvoltare a teoriei probabilităților și statisticii matematice și impactul cu teoria fiabilității.
9. G. Manolescu, A. Sevastru, M. Mișu, A. M. Petrescu (ISPE): Criterii de siguranță în dimensionarea sistemului energetic.
10. M. Stein, E. Costin, St. Diaconu (ISPE): Factorii de decizie și risc, elemente determinante în stabilirea soluțiilor optime pentru instalații energetice.
11. D. Ivas, Gh. Hazi, A. Hazi (I. P. Iași): Asupra unei căi de corelare optimă a valorilor indicatorilor de fiabilitate pentru componentele instalațiilor energetice.
12. D. Felea (IIS Oradea): Analiza sub aspect fiabilistic a procesului tehnologic de producere a unui reper într-o întreprindere constructoare de mașini cu luarea în considerare a agentului energetic.
13. H. Albert (ISPE): Metodologii actuale de preliminare a siguranței în alimentarea consumatorilor dintr-o microzonă.
14. V. I. Nitu (I. P. București), A. M. Petrescu (ISPE) Metodologie de estimare a fiabilității și securității sistemului pe termen scurt.
15. A. Itoafă (DEN): Echivalent pentru analiza în timp real a siguranței sistemelor energetice.
16. L. Lupescu (ISPE): Evoluția metodelor de calcul fiabilistice în analiza conductelor din CTE cu aplicații practice asupra conductelor din limita cazanelor 1—4 din CET Iernut.

17. P. Nitu, H. Cimpeanu (DEN): Asupra unor corecții ale numărului de stări al unui grup electroenergetic pe cărbune pentru reducerea estimării optimiste markoviene.
18. C. Wlezek, A. Gherassi (IRNE): Aspecte privind utilizarea analizei arborescente a defecțiunilor la evaluarea sistemelor complexe din CNE.
19. V. I. Nitu, V. Șerban (I. P. București): Încadrarea acțiunii seismice în concepția de fiabilitate și securitate a unei CNE.
20. V. I. Nitu, D. Săveanu (I. P. București): Stocarea energiei primare, cale eficientă pentru creșterea siguranței în alimentarea cu energie a societății.
21. L. Cecan (I. P. București): Considerații asupra disponibilității echipamentelor din centrale electrice.
22. C. Ionescu (I. P. București): Analiza influenței nivelului de rezervare și a tipului de rezervă asupra indicatorilor de fiabilitate a sistemelor, cu aplicație pentru echipamentele termomecanice din centralele electrice de termoficare.
23. Gh. Bălan, B. Mathe (ICEMENERG): Metode de investigare a fiabilității cablurilor de energie.
24. C. Agopian, M. Crăciunescu (ICEMENERG): Structura aptitudinilor la elevii liceelor energetice.
25. Z. I. Neag, M. Dinu-Popa, P. Radu (ISPE): Evoluția cunoașterii valorilor indicatorilor de fiabilitate ai liniilor electrice aeriene pe bază de date statistice.
26. Gh. Popa, G. Stănciulescu (ICEMENERG): Baza de date hidroenergetice centralizate prin unitățile M.E.E.
27. M. Cîrlan (M.E.E.—C.P.L.): Asupra cuantificării conceptului de calitate a lucrărilor de reparații aferente instalațiilor energetice.
28. V. I. Nitu (I. P. București), P. Iancovici, M. Stein (ISPE): Disponibilitatea grupurilor energetice de mare putere.
29. C. Găitanaru, M. Ene, G. Prisecaru (IEC Bistrița): Comportarea în exploatare a grupurilor tip Kaplan de 11,5 MW fabricate de I.C.M. Reșița.
30. P. Bocănete (M.E.E.—C.P.L.): Unele considerații privind factorii de influențare a disponibilității grupurilor de mare putere.
31. H. Albert, A. Cristovici, M. Iancu (ISPE): Tratarea problemelor de siguranță în funcționare în concepția actuală de organizare și dotare a conducerii operative a instalațiilor energetice.
32. N. Popescu (ISPE): Evoluția indicatorilor de siguranță pe instalații de rețele electrice.
33. Gh. Crețu (ISPE): Caracteristicile grupurilor din CET pentru asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali la perturbații exterioare.
34. Z. I. Neag, A. Sevastru, A. M. Petrescu, M. Stein (ISPE): Influența liniilor electrice aeriene cu circuite multiple asupra criteriilor de siguranță în dimensionarea rețelelor electrice de transport.
35. A. Itoafă (DEN): Indicator sintetic operativ pentru reglarea regimurilor de funcționare a sistemelor electroenergetice.
36. Gh. Bărbulescu (IPROMET): Unele aspecte ale influenței regimului deformant produs de cuptorul electric cu arc asupra funcționării acestuia.
37. Gh. Bălan, D. Stănescu, G. Circu (ICEMENERG): Evidența statistică a comportării echipamentului electric la supratensiuni atmosferice.
38. D. V. Pilat (ICEMENERG): Determinarea duratelor de viață a țevilor de economizor la cazanele funcționînd pe combustibil solid.

T. Ionescu, M. Neagoe, M. Vătămanu, D. Caraiman (ICEMENERG): Stabilirea indicatorilor de fiabilitate la echipamentele termomecanice pe baza datelor din exploatare.

I. Pivniceru (ISPE): Cerințe de fiabilitate pentru sisteme de supraveghere și comandă centralizată în rețelele electrice.

41. S. Marcu, S. Pivniceru (ISPE): Condiții de siguranță necesare pentru instalațiile de transmitere și prelucrare a datelor instalațiilor de automatizare de sistem pentru limitarea extinderii avariilor.
42. S. Pinsler, V. Rafael (IRE Bacău): Dependența între siguranță în funcționare și costurile unei rețele urbane.
43. V. Amancei, Cl. Verbitchi: Fiabilitatea schemelor de distribuție urbană de 20 kV.
44. C. Camer, Strahotin (IRE Bacău): Stabilirea gradului de siguranță în funcționare a unei LEA 110 kV.
45. I. Ungureanu (IRE Bacău): Influența sistematizării lucrărilor de medie tensiune în stațiile de transformare asupra siguranței în funcționare a acestora.
46. V. Munteanu, H. Frigură (IRE Bacău): Indicatorii de siguranță la bara de medie tensiune a unei stații de tip urban.
47. A. S. Grigore, C. M. Mocanu (IRE Bacău): Consecințele modificării schemelor pentru reducerea c.p.t. asupra fiabilității rețelelor de distribuție de medie tensiune.
48. H. Cristea, I. Fecioru (ICEMENERG), I. Buga (DEN): Analiza siguranței prin contingențe locale aplicate pentru grupurile de 330 MV—CTE Rovinari.
49. C. Mihăileanu, J. Constantinescu (ICEMENERG): Condiții de închidere a buclelor în rețelele de înaltă tensiune.
50. C. Mihăileanu, M. Pomîrleanu, L. Bejuscu, R. Vasiliu (ICEMENERG): Posibilități de sesizare rapidă a situațiilor periculoase cauzate de pierderea sincronismului unor generatoare.
51. F. Mihăilă, C. Orlinski (IRE Bacău): Soluții tehnice pentru mărirea siguranței în funcționare a liniilor de medie tensiune din stațiile de transformare.
52. I. Dumitrescu (IRE Bacău): Considerații asupra fiabilității schemei de comandă a iluminatului public din Municipiul Bacău.
53. D. Cernomazu, Gh. Michiu (URTAE Roman): Considerații privind sistemul colector al transformatoarelor cu bobinaj secundar rotitor și coloana nesecționată.
54. D. Cernomazu (URTAE Roman): Considerații asupra formei curbei de variație a tensiunii transformatoarelor cu bobinaj secundar rotitor, prevăzut cu sistem colector orizontal.
55. D. Cernomazu (URTAE Roman): Considerații asupra dispozitivelor pentru reglajul continuu al tensiunii, contribuții la perfecționarea lor.
56. N. Macovei, O. Ornstein, C. Rusu (IRE Bacău): Considerații asupra defectelor în miezul transformatoarelor de putere.
57. D. Cernomazu, F. Gavril, I. Lupu, C. Chiținuș, N. Macovei, C. Rusu (URTAE Roman): Considerații asupra funcționării servomotoarelor pentru acționarea comutatoarelor de reglaj în sarcină a tensiunii transformatoarelor.
58. M. Damian, P. Frona, C. Cojocaru (IRE Bacău): Considerații asupra posibilităților de diagnosticare a supraîncălzirilor interne la transformatoarele electrice de forță.
59. Gh. Michiu, D. Cernomazu, M. Damian, P. Frona, C. Rusu (IRE Bacău): Considerații privind comportarea în exploatare a comutatoarelor de prize de tip liniar, contribuții la perfecționarea lor.
60. D. Cernomazu, Gh. Michiu (IRE Bacău): Considerații privind proprietățile codurilor grupelor de conexiuni determinate prin metoda curentului continuu.
61. S. Iacob (CFS Iași): Analiza schemelor și regimurilor de funcționare pentru îmbunătățirea factorului de putere la Combinatul de fibre sintetice Iași.
62. E. Covar (IITPIC): Releu de pilpîire cu demaraj automat al pilpîirii la conectarea unei lămpi la bareta de pilpîire.
63. E. Covar (IITPIC): Cîteva relee electronice de tensiune.
64. S. Costiner, E. Costiner, A. Kotovski, D. Vartic, D. Stelescu, A. Ungureanu (ICEMENERG): Măsuri pentru creșterea siguranței în funcționare a releelor de protecție produse de ICEMENERG.

Manifestări tehnico-ştiinţifice*

Colocviul „Stocarea energiei solare aplicată la locuinţe, necesitate şi viitor pentru energia solară" (Le stockage de l'Energie solaire appliqué au bâtiment, Nécessité et Avenir pour le Solaire").

Lucrările s-au desfăşurat în luna ianuarie 1981 la INSA — Lyon (Franţa). Organizată de ALEDES (Asociaţia lioneză pentru studiul şi dezvoltarea energiei solare) şi AGEDES (Asociaţia din Grenoble pentru studiul şi dezvoltarea energiei solare), această manifestare a reunit peste 250 participanţi din Franţa, Belgia, Luxemburg, Elveţia şi Tunisia, aparţinînd în special specialităţilor energetică, termotehnică, construcţii, cercetare şi învăţămînt. Trei expuneri generale s-au referit la necesitatea stocării, la caracterul aleatoriu al energiei solare şi la aspectele fizice ale stocării. Şase expuneri au tratat stocarea de scurtă durată prin căldură sensibilă, iar altele au analizat stocarea de scurtă durată prin căldură latentă sau de reacţie chimică. Un număr de şapte comunicări s-au referit la stocarea de lungă durată. O sesiune de trei intervenţii a fost consacrată în final strategiilor de utilizare a stocărilor şi bilanţurilor economice. Din discuţiile foarte însufleţite care au urmat comunicărilor, s-a putut remarca interesul viu pentru stocarea energiei solare.

Culegerea de texte privind comunicările poate fi obţinută prin societăţile ALEDES şi AGEDES.

Congresul „Perspectivele tehnice şi economice ale reintoarcerii la cărbune" („Perspectives tehniques et économiques du retour au charbon").

Această manifestare tehnico-ştiinţifică a avut loc în luna aprilie 1981 la Nancy (Franţa) şi a fost organizată, în cooperare, de către Comisia „Energie" a Societăţii inginerilor şi oamenilor de ştiinţă din Franţa (ISF) şi Verein Deutscher Ingenieure (V.D.I.).

Intervenţiile s-au referit în principal la probleme de transport, de manipulare, de creştere a producţiei în condiţiile protecţiei mediului înconjurător şi, pe de altă parte, la valorificarea cărbunelui prin : gazeificare, conversia în lichid, precum şi la aspectele economice ale utilizării în perioada 1980—2000.

Conferinţă şi Expoziţie internaţională de echipament semiconductor (International Semiconductor Equipment Exhibition and Conference) 2—4 martie 1982, Wiesbaden, R.F.G.
Organizator şi informaţii : Network, Steenewark 2, D 3050 Wunstorf 2, Steinhude, R.F.G.

Conferinţa „Protecţia contra riscurilor electricităţii în instalaţii şi aparatură pînă la 1 kV" (Conferenza „Protezione contro i rischi dell'elettricita negli impianti e nelle apparecchiature fino a 1 kV") 6—7 mai 1982, Varşovia, R.P.P.
Organizator : Asociaţia inginerilor electricieni din Polonia
Informaţii : Asociaţia inginerilor electricieni, ul. Czackiego 3/5, 00—043 Varşovia

IEEE Simpozion internaţional pentru circuite şi sisteme (IEEE International Symposium on Circuits and Systems) 10—12 mai 1982, Roma, Italia
Informaţii : prof. Pier Paolo Civalleri, Istituto di Matematica del Politecnico, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10124 Torino.

*) Rubrică întocmită de Florica Creţu — ICEMENERG.

A 4-a Conferinţă internaţională pentru izolaţie electrică (4th International Electrical Insulation Conference)

Organizatori : Asociaţia fabricanţilor de aparate electrice
Asociaţia pentru izolaţie electrică şi electronică
ERA Technology Ltd.
10—13 mai 1982, Brighton, Anglia

Informaţii : W. Pickett, BEAMA Ltd., 8 Leicester Street
London WC2H 7BN

Al 4-lea Salon internaţional de energie solară şi surse n de energie (4e Salon International de l'énergie solaire nouvelles énergies) 11—15 mai 1982, Marseille, Franţa

Secţii : echipament termic şi amenajări, echiparea colectiv tăţilor, energia în industrie, formarea cadrelor şi cercetare

Informaţii : Foire internationale de Marseille, parc Chano 13266 Marseille, cedex 2

A 11-a Sesiune internaţională privind contactele electri (11 Internationale Tagung über Elektrische Kontakte-ITI
7—11 iunie 1982, Berlin, R.F.G.

Informaţii : VDE — Zentralstelle Tagungen, Stresemannall 21, 6000 Frankfurt am Main 70

Al 5-lea Congres internaţional „Energia solară şi utilizar raţională a energiei" (5a Mostra-Convegno internaziona su : Energia solare e razionale uso dell'energia)17—20 iun 1982, Genova, Italia

Organizator şi informaţii : Fiera di Genova, piazzale J. Kennedy, 16129 Genova

A 4-a Conferinţă internaţională asupra sistemelor energeti eoliene (4th International Conference on Wind Energy Sy tems)

Organizatori : Asociaţia britanică pentru cercetări hid mecanice (BHRA) şi Ministerul suedez pentru dezvol rea surselor de energie
14—17 septembrie 1982, Suedia

Informaţii : BHRA Fluid Engineering, Craufield, Bedfo MK 43 OAJ, Anglia

Zilele hidraulicii — a XVII-a ediţie (XVIIe Journées de l'H draulique)

Tema : Asanarea de mîine — Hidraulica apelor precipitaţii şi a apelor reziduale
14—16 septembrie 1982, Nantes, Franţa

Subiecte principale : determinarea concentraţiei fluxuril evoluţia apelor reziduale ; asanarea autonomă şi a narea colectivităţilor mici ; impactul asupra medi natural.

Informaţii : Société Hydroélectrique de France, 199 rue Grenelle, 75007 Paris

Recenzii

N. DĂNILĂ şi colectiv. **Centrale nucleare electrice. Probleme.** Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1980, 762 p.

Lucrarea se adresează studenţilor de la specialitatea Centrale nucleare electrice, cercetătorilor, doctoranzilor şi cadrelor didactice de la facultăţile de energetică, fizică şi inginerie nucleară, electromecanică, automatică şi mecanică, specialiştilor care urmează cursurile postuniversitare la aceste facultăţi, precum şi inginerilor din producţie care se ocupă cu studiul, cercetarea, proiectarea, montarea, controlul şi exploatarea instalaţiilor energetice nucleare.

Fiecare din cele 13 capitole ale lucrării cuprinde un breviar de calcul, o serie de probleme rezolvate, altă serie de probleme propuse spre rezolvare şi bibliografia la capitolul respectiv.

Capitolul 1 — „Indicii, ciclurile şi schemele termice ale centralelor nucleare electrice" — cuprinde probleme teoretice şi practice referitoare la teoria şi analiza termodinamică a ciclurilor instalaţiilor energetice nucleare, bilanţuri energetice, calculul ciclurilor termice şi al indicilor tehnico-economici ai centralelor nucleare clasice, schemele termice ale centralelor nucleare.

În capitolul 2 — „Reactoare nucleare" — se tratează probleme de teoria fizica reactoarelor nucleare, de producerea, evacuarea şi transmiterea căldurii în reactoarele nucleare, construcţia şi tehnologia reactoarelor, materiale nucleare, dinamica şi exploatarea reactoarelor nucleare energetice.

Capitolul 3 — „Generatoare de abur. Schimbătoare de căldură" — prezintă calculul termic, hidraulic şi mecanic al generatoarelor de abur de diferite tipuri şi al schimbătoarelor de căldură din instalaţiile nucleare.

În capitolul 4 — „Instalaţiile combustibilului nuclear" — se prezintă calculul consumului combustibilului nuclear şi al necesarului de combustibil pentru centralele nucleare, precum şi probleme privind programele nucleare.

Capitolul 5 — „Turbine cu abur pentru centrale nucleare electrice" — cuprinde calculul de verificare şi dimensionare al turbinelor cu abur saturat probleme legate de eroziune, coroziune, protecţie internă şi intermediară a umidităţii şi supraîncălzirea aburului, specifice turbinelor cu abur din centralele nucleare.

În capitolul 6 — „Instalaţiile de răcire ale centralelor nucleare electrice" — se prezintă calculul condensatoarelor de abur, debitelor de apă de răcire pentru instalaţiile din centrala nucleară, calculul instalaţiilor de răcire în circuit deschis, închis şi mixt.

Capitolul 7 — „Serviciile proprii ale centralelor nucleare electrice" — tratează probleme ale serviciilor proprii nucleare (pompe de circulaţie ale agentului termic din circuitul primar al centralei, presurizoare, centrale de rezervă şi de avarie) şi clasice (instalaţiile pentru apa de alimentare, degazarea apei, menţinerea vidului, reducerea-răcirea aburului) din centralele nucleare.

În capitolul 8 — „Automatizarea, controlul şi reglajul instalaţiilor din centrala nucleară şi a centralei nucleare în ansamblu" — se abordează probleme din teoria sistemelor automate liniare invariante, calculul operaţional al sistemelor automate, teoria grafurilor a sistemelor automate, analiza temporală a sistemelor automate, stabilitatea dinamică a sistemelor şi proiectarea analitică a regulatoarelor automate.

Capitolul 9 — „Fiabilitatea centralelor nucleare electrice" — cuprinde calculul fiabilităţii echipamentelor din centralele electrice clasice şi nucleare folosind metode statistico-matematice, lanţuri Markov, modul de estimare a indicatorilor de fiabilitate a echipamentelor din centralele nucleare.

Capitolul 10 — „Securitatea nucleară" — tratează teoria şi calculul sistemelor de securitate nucleară utilizînd metoda arborilor de defecte, analiza avariilor nucleare, calculul instalaţiilor de răcire la avarie, calculul anvelopelor, calculul protecţiilor biologice, probleme de protecţie a mediului înconjurător şi ale amplasamentelor centralelor nucleare electrice.

Capitolul 11 tratează probleme de montaj ale centralelor nucleare electrice utilizînd metode moderne, ca: teoria aşteptării, teoria grafurilor, teoria stocurilor, optimizarea mecanizării montajului, optimizarea amplasării obiectivelor de organizare de şantier şi a reţelelor energetice ale şantierelor, rezolvarea montajului în flux continuu în regim determinist şi aleatoriu.

Capitolul 12 — „Centrale nucleare electrice de termoficare" — cuprinde calculul consumurilor de căldură livrată de centrala de termoficare, calculul indicilor tehnico-economici ai acestor centrale, alegerea echipamentelor energetice din centrală, regimurile termice şi hidraulice caracteristice echipamentelor şi sistemelor de termoficare.

Capitolul 13 — „Probleme economice ale centralelor nucleare electrice" — prezintă metodele de calcul al indicilor economici ai centralelor nucleare, calculul investiţiilor, al costului energiei produse de centrală şi al componentelor acestui cost, competitivitatea centralelor nucleare cu cele clasice, optimizarea tehnico-economică a instalaţiilor energetice nucleare, strategii nucleare, prognoza pe termen lung a energeticii nucleare.

Înainte de apariţia lucrării recenzate, în literatura de specialitate în limba română problemele practice aplicative ale domeniului centralelor nucleare electrice nu erau tratate în nici o lucrare; nici în literatura străină nu există nici o lucrare unitară, la nivelul cerinţelor actuale ale învăţămîntului superior din ţara noastră, care să poată fi folosită de studenţi, doctoranzi, cadre didactice, cercetători şi ingineri din producţie. Diferitele aspecte ale cercetării, proiectării şi exploatării centralelor nucleare se află tratate împrăştiat, neuniform şi nesistematizat, într-o gamă largă de publicaţii, materiale interne, reviste şi prospecte în diferite limbi străine.

Scopul lucrării este întregirea cunoştinţelor teoretice ale studenţilor prin accentuarea caracterului aplicativ concret al pregătirii lor, în strînsă legătură cu problemele actuale ale energeticii nucleare pe plan mondial şi cu sarcinile imediate ale cercetării, proiectării şi exploatării centralelor nucleare din ţara noastră — fiind prima lucrare de acest fel în literatura tehnică românească.

În lucrare sînt prezentate şi aplicate metode şi teorii moderne de mare actualitate, unele fiind prezentate pentru prima dată în literatura noastră tehnică. La începutul fiecărui capitol, în breviarul de calcul, se face o prezentare concentrată a principalelor formule, diagrame, nomograme, scheme, date de calcul, valori caracteristice şi metode necesare studiului, proiectării, realizării, verificării şi exploatării instalaţiilor din centralele electrice nucleare; apoi se trece la expunerea gradată, în ordinea dificultăţii, a problemelor rezolvate, după care se prezintă o serie de probleme propuse, cu peste 500 referiri bibliografice.

Culegerea de probleme prezintă în primul rînd aplicaţii la cursul de Centrale nucleare electrice predat de prof. dr. ing. Nicolae Dănilă şi are la bază tratatul amplu, apărut în 1973 în Editura Academiei R.S.R.: „Centrale nucleare electrice", care, împreună cu cartea „Centrale atomoelectrice" apărută în 1954 în Editura Tehnică, ambele ale aceluiaşi autor, prof. N. Dănilă, reprezintă primele cărţi de centrale nucleare din ţara noastră, fiind şi dintre primele pe plan mondial. Alte probleme din lucrare pot folosi ca teme de cercetare ştiinţifică pentru studenţi, doctoranzi, cadre didactice şi ca teme de proiectare şi studiu pentru cercetători şi inginerii din producţie.

În lucrare se prezintă cele mai noi exemple de scheme şi echipamente, metode, teorii şi date de calcul. Se insistă în special asupra tipurilor de centrale care se construiesc în ţara noastră şi a celor care au cele mai mari perspective de viitor pe plan mondial.

Materialul lucrării se încadrează în politica energetică a ţării noastre, reflectă obiectivele planului naţional nuclear şi este orientat în direcţiile care rezultă din documentele de partid şi de stat privind valorificarea optimă a surselor

de energie și în special a energiei nucleare, reducerea consumurilor specifice de energie, folosirea tehnicii celei mai avansate.

În concluziile lucrarea recenzată reușește să acopere un gol în literatura de specialitate din țara noastră, fiind deosebit de valoroasă, necesară și utilă pentru pregătirea la cel mai înalt nivel a cadrelor de specialitate în perioad realizării primelor centrale nucleare româ nești.

prof. univ. emerit **Constantin Dinculescu**
membru corespondent al Academiei RSI

Din sumarul revistelor

STIMMER, H. Reducerea sarcinii în funcție de frecvență în caz de avarie gravă pe rețea. (Frequenzabhängige Entlastungsmassnahmen bei schweren Netzstörungen). ÖZE, nr. 10, 1981, p. 328–333.

BROGLIO, S., SCARAMELLI, F., TAVANO, F. Măsurarea vibrațiilor eoliene la conductoarele liniilor de înaltă tensiune: analiza rezultatelor obținute în încercările experimentale. (Misure di vibrazioni eoliche su conduttori per linee a.t.: analisi dei risultati di alcune campagne di prova). L'Energia Elettrica, nr. 8, 1981, p. 342–351.

TEPER, I. I., VALENTINKEVICI, V. A. Sistem automat de protecție împotriva incendiilor la compartimentele cablurilor cu semnalizatoare tip DIP–1. (Privopojarnaia avtomatika kabelnih pomeșcenii s izveșcateleami DIP–1). Energhetik, nr. 5, 1980, p. 18.

KURIANOVICI, P. N. Lucrări referitoare la tehnica securității în întreprinderile de rețele electrice. (Raboti po tehnike bezopasnosti v predpriatii elektrosetei). Energhetik, nr. 5, 1980, p. 27–28.

OBOSKALOV, V. P. Utilizarea aprecierilor experților în cazul planificării reparațiilor întreruptoarelor de înaltă tensiune. (Ispolzovanie ekspertnih otenok pri planirovanii remontov visokovoltnih vikliuceatelei). Iz. V.U.Z. Energhetika, nr. 4, 1980, p. 78–82.

ROJAVSKI, S. M., MIROSNIK, A. V. Metodele calculului aproximativ privind pierderile de putere și energie în elementele rețelei încărcate nesimetric. (Metodi priblijeonnovo vicisleniia poteri moșcinosti i energhii v elementah nesimmetricino nagrujennoi seti). Iz. V.U.Z. Energhetika, nr. 4, 1980, p. 90–93.

ARTURI, C. M. Calculul perfecționat al temperaturilor la transformatoarele cu ulei. (Calcolo perfezionato delle temperature nei transformatori in olio). L'Energia Elettrica, nr. 6, 1981, p. 242–250.

SCELKOV, S. E., LIAMPERT, I. A. Experiența optimizării regimului sistemului energetic, în scopul diminuării pierderilor de energie electrică. (Opit optimizații rejima energosistemi s țeliu umenișeniia poteri elektroenerghii). Energhetik, nr. 2, 1980, p. 6.

ROJEY, A. Economii de petrol și de gaz în industrie și în încălzire. (Économies de pétrole et de gaz dans l'industrie et le chauffage). Revue de l'Energie, nr. 333, 1981, p. 157–164.

BARRERE, G. Energia eoliană și calculul economic. Studiul unui sistem diferențiat în regiunea Toulouse. (Énergie éolienne et calcul économique. Étude d'un système differencié en région toulousaine). Revue de l'Energie, nr. 334, 1981, p. 242–246.

LEINO, A. I, SVIDERSKI, G. A. Cîteva observații referitoare la determinarea producției de energie electrică destinată consumului termic. (Nekotorie zameceaniia po opredeleniiu virabotki elektroenerghii na teplovom potreblenii). Energhetik, nr. 1, 1980, p. 12–13.

SPORENBERG, F. Cercetări asupra instalațiilor de arder funcționînd cu amestecuri de lignit pulverizat și con bustibil lichid. (Untersuchungen an einer Feuerung anlage, die mit Gemischen aus Braunkohlenstau und Heizöl betrieben wird). BWK, nr. 7–8, 198 p. 337–338.

FRANCIA, G. Regularizarea ciclului apă-abur la un caza solar. (Rigolazione del ciclo acqua vapore in un caldaia solare). L'Energia Elettrica, nr. 6, 198 p. 222–232.

RUMIANȚEV, I. V. ș.a. Din experiența de exploatare instalațiilor de curățire din centrala electrică Irikli skaia. (Iz opita ekspluatații ocistnih soorujenii Irik înskoi GRES). Energhetik, nr. 5, 1980, p. 32–3

REMPEL, S. I. ș.a. Noi reactivi chimici pentru prevenir formării depunerilor minerale în conducte. (Nov himiceskie reaghenti dlea predotvrașceniia obrazov niia mineralnih otlojenii v truboprovodah). Energh tik, nr. 5, 1980, p. 25–26.

SERSTOTRITOV, I. V., GALUSKO, V. F. Comparar tehnico-economică a regimurilor de oprire-porni și a regimului motor de funcționare a turbogener toarelor. (Tehniko-ekonomiceskoe sravnenie ostanov cino-puskovovo i motornovo rejimov raboti turb gheneratorov). Iz. V.U.Z. Energhetika, nr. 4, 198 p. 42–45.

SANDULIAK, A. V., TKACENKO, S. I. Sistematizar datelor referitoare la tratarea magnetică a apei energetică. (Sistematizațiia dannih po magnitn obrabotke vodi v energhetike). Iz. V.U.Z. Energhetik nr. 4, 1980, p. 125–128.

ROSSIIIN, L. I., KOVTUN, N. V. Primele rezultate a asimilării metodei de curățire prin impulsuri a preinc zitoarelor de aer regenerative pivotante în CTE d republicile Asiei Centrale. (Pervie itoghi osvoeni impulsnoi ocistki RVP na TES Srednei Azii). En ghetik, nr. 4, 1980, p. 15–16.

PETROV, I. I. ș.a. Caracteristica debitului superficial centralelor termoelectrice. (Harakteristika poverhno novo stoka teplovih elektrostanții). Energhetik, nr. 1980, p. 29.

KONOV, I. G. Măsuri destinate diminuării zgomotului vibrației în compartimentele turbinei CTE. (Me priiatiia po snijeniiu șuma i vibrații v turbinnih ot leniiah TES). Energhetik, nr. 4, 1980, p. 33–

* * * Captarea principalelor surse de energie geotermi (Tapping the main stream of geothermal energ EPRI Journal, nr. 4, 1980, p. 6–16.

LAROCHE, G. Probe de lubrifianți efectuate la pomp de căldură care funcționează la înaltă temperatu (Essais de lubrifiants pour pompes à chaleur à ha température). E.d.F – Bulletin de la Direction Etudes et Recherches. Seria A, nr. 1, 1981, p. 39–

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 662.64/66

Е. Гатман-Сэндулеску, Кр. Тотоло и др.: **Методы определения размолоспособности угля низкого качества**

Рассматривается определение коэффициентов размолачивания посредством двух методов, широко используемых в этом случае: советский метод „ВТИ" американский метод „ХАРДГРЕЙВ". Приведены также аспекты взаимодействия этих двух коэффициентов размолачивания, определённых посредством использования вышеупомянутых методов.

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 55–57

ДК 621.311.22/23 : 66.012.3

Вл. Ницу: **Снижение потребного расхода электроэнергии в процессе производства и поставки тепловой энергии**

Описан аналитический метод определения потребного расхода электроэнергии в ТЭЦ.

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 58–60

ДК 621.311 : 621.187.12

К. Думитру: **Влияние перемены расхода охлаждающей воды на действие охлаждающей цепи в электростанции**

Рассматривается способ перепада температуры конденсации, в качестве элемента синтетизирующего влияния на конденсатор и на башенный охладитель, вызываемые изменением из разных причин — (невозможность функционирования при соответствующих параметрах насосов или гидравлической сети), либо из причин вызываемых экономичным ходом станции, на подной части — расхода охлаждающей воды по ношению к проектной величине.

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 60–64

ДК 621.3.016.45

Мэриеш и М. Попеску: **Компенсация реактивной мощности в условиях искажённого режима.**

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 64–69

ДК 621.311.22/23 : 662.997

Х. Луп: **Условия уместности использования солнечной энергии в ТЭС и ТЭЦ**

В работе обсуждается вопрос уместности использования солнечной энергии в ТЭС или ТЭЦ, для приготовления тёплой воды, а также для предварительного подогрева неочищенной добавочной воды или в других местах. Из этого анализа следует, что для использования солнечных установок с такой целью является необходимым найти решения по использованию малых капиталовложений, а также небольшого количества охватываемого топлива, но с большим к.п.д. (коэффициентом полезного действия) и сроком действия, и с повышенной надёжностью работы.

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 69–76

ДК 621.311 (R 001)

Ал. Картиану: **Развитие концепции и решений по снабжению города Бухареста электроэнергией.**

Работа излагает монографию первой электростанции города Бухареста — станция Грозэшвешть. Также, описано и развитие решений по снабжению города Бухареста электроэнергией.

Energetica 30 (1982), № 2, стр. 83–86

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОТМЕТКИ

ИЗОБРЕТЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ

ХРОНИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

РЕЦЕНЗИИ

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Tololo, u.a.: **Methoden zur Bestimmung der Zermahlungsfähigkeit minderwertiger Kohlearten**

Es wird die Bestimmung der Zermahlungsfähigkeitskoeffizienten durch zwei zu diesem Zweck oft angewandten Methoden gezeigt: die sowjetische Methode — VTI — und die amerikanische Methode Hardgrave. Es werden zugleich Aspekte des Zusammenhangs zwischen den zwei anhand dieser Methode bestimmten Zermahlungsfähigkeitskoeffizienten.

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 55–57

DK 621.311.22/23 : 66.012.3

Vl. Nicu: **Die Herabsetzung des Eigenelektroenergieverbrauches bei der Produzierung und Lieferung der Wärmeenergie**

Eine analytische Methode zur Bestimmung der Eigenverbrauchs an Elektroenergie bei Wärmekraftwerken wird beschrieben.

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 58–60

DK 621.311 : 621.187.12

C. Dumitru: **Der Einfluss der Schwankung des Kühlwasserdurchflusses auf den Betrieb des Kühlkreislaufs eines Elektroenergiekraftwerkes**

Es wird die Schwankungsart der Kondensationstemperatur analysiert, als Element welches die Auswirkung auf den Kondensator und den Kühlturm synthetisiert, u.zw., aus verschiedenen Gründen (Betrieb bei unentsprechenden Parametern der Pumpen oder des Wasserkreislaufs) und das, wegen der Notwendigkeit eines wirtschaftlichen Betriebs des Kraftwerkes im kalten Teil und des Kühlwasserdurchflusswertes im Vergleich zu dem aus dem Projekt.

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 60–64

DK 621.3.016.45

H. Mărieș und *M. Popescu:* **Die Kompensierung der Reaktivleistung bei Verformungsregime**

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 64–69

DK 621.311.22/23 : 662.997

H. Lup: **Opportunitätsbedingungen der Anwendung der Solarenergie in Wärme- und Heizkraftwerken**

Der Bericht enthält eine Analyse der Opportunität der Anwendung der Solarenergie in Wärme- oder Heizkraftwerken zur Aufbereitung des Warmwassers, zur Vorwärmung des Rohzusatzwassers oder zu anderen Zwecken. Aus der Analyse wird geschlussfolgert, dass es notwendig ist, um die Solarenergieanlagen zu diesen Zwecken anzuwenden, neue Lösungen mit kleinwertigen Investitionen und Brennstoffen und mit hochwertigen Leistungen, Zuverlässigkeit und Lebensdauer zu finden.

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 69–76

DK 621.311 (R 001)

P. Cartianu : **Aus der Geschichte des Konzeptes und der Lösungen für die Elektroenergiezufuhr in Bukarest**

Der Bericht enthält eine kurze Vorstellung des ersten Kraftwerkes aus Bukarest – das Kraftwerk Grozăvești. Anschliessend wird eine geschichtliche Entwicklungsübersicht der Lösungen für die Elektroenergiezufuhr in Bukarest gegeben.

Energetica 30 (1982), H. 2, S. 83–86

TECHNISCHE NOTEN
ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN
TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN
CHRONIK
TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN
REZENSIONEN
AUS DEM INHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN

SOMMAIRE

CD 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Tololo : **Méthodes de détermination du broyage des charbons inférieurs**

On présente les méthodes utilisées pour déterminer les coefficients de broyage des charbons inférieurs : la méthode soviétique VTI et la méthode américaine Hardgrave. En outre, l'article a pour objet de rendre les aspects de l'interdépendance de ces coefficients de broyage qui ont été déterminés par ces deux méthodes.

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 55–57

CD 621.311.22/23 : 66.012.3

Vl. Nicu : **La diminution de la consommation propre d'énergie électrique dans la production et la livraison de l'énergie thermique**

On décrit une méthode analytique de détermination de la consommation propre d'énergie électrique aux centrales électriques à production combinée chaleur/force.

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 58–60

CD 621.311 : 621.187.12

C. Dumitru : **L'influence de la variation du débit de l'eau de refroidissement sur le fonctionnement du circuit de réfrigération d'une centrale électrique**

On analyse le mode de variation de la température de condensation, en tant qu'élément qui synthétise les influences sur le condenseur et la tour de refroidissement en raison de plusieurs causes (fonctionnement aux paramètres inadéquats des pompes ou du réseau hydraulique) ou des causes imposées par le fonctionnement de la centrale sur la partie froide du débit de l'eau de refroidissement, par rapport à la valeur de projet.

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 60–64

CD 621.3.016.45

H. Măriș, M. Popescu : **Compensation de la puissance réactive en cas de régime déformant**

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 64–69

CD 621.311.22/23 : 662.997

L. Lup : **Opportunité d'utilisation de l'énergie solaire dans les centrales thermiques et les centrales chaleur/force**

L'auteur analyse l'opportunité d'utilisation de l'énergie solaire dans les centrales thermoélectriques ou de production combinée chaleur/force pour la préparation de l'eau chaude pour la rechauffage de l'eau brute d'appoint ou dans d'autres buts. Il en résulte que pour employer des installations solaires il est nécessaire de trouver des solutions à des investissements et combustible incorporé à des valeurs faibles à rendements, fiabilité et durée de vie de hautes valeurs

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 69–76

CD 621.311 (R 001)

P. Cartianu : **Sur l'évolution de la conception et des solutions pour l'alimentation en énergie électrique du Bucarest**

L'article présente la monographie de la première centrale publique de Bucarest – la centrale Grozăvești. On montre également l'évolution des solutions adoptées pour l'alimentation en énergie électrique de la ville de Bucarest.

Energetica 30 (1982), no. 2, p. 83–86

NOTES TECHNIQUES
INVENTIONS-INNOVATIONS
NOUVEAUTES TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES
CRONIQUE
MANIFESTATIONS TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES
COMPTES-RENDUS
SOMMAIRE DES REVUES

CONTENTS

DC 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Tololo a.o. : **Low Coal Grindability Determination Methods**

The low coal grindability coefficients determination presented by two methods widely employed : the Soviet VTI method and the American Hardgrave method. Aspects of the interdependence between the two grindability coefficients thus determined.

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 55–57

DC 621.311.22/23 : 66.012.3

Vl. Nicu : **Decrease of the Electricity Eigenconsumption in the Generation and Delivery of Thermal Energy**

An analytical determination method of the electricity eigenconsumption at thermal power plants is described.

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 58–60

DC 621.311 : 621.187.12

C. Dumitru : **The Influence of the Cooling Water Flow Variation on the Plant Cooling Circuit**

The condensing temperature variation manner is analyzed, as an element that synthesizes the influence on the condenser and cooling tower caused either by changes due to several reasons (the pumps or the hydraulic network do not operate at the corresponding parameters), or by such ones connected to the economical behaviour of the plant on the cool side or of the cold water flow as compared to the design values.

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 60–64

DC 621.3.016.45

I. Măriș and *M. Popescu :* **Reactive Power Compensation During the Deforming Regime**

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 64–69

DC 621.311.22/23 : 662.997

I. Lup : **Opportunity Conditions of Solar Energy Use in Thermal and Combined Heat and Power Plants**

The paper contains the solar energy use opportunity analysis in thermal and combined heat and power plants for the generation of hot water, for the preheating of the raw supply water or for other purposes. The conclusions drawn show that such uses of solar equipment require some low price included investments and fuels with high value output, reliability and long life.

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 69–76

DC 621.311 (R 001)

P. Cartianu : **Some Highmarks from the Development of the Electricity Supply Conception and Solutions in Bucharest**

The paper contains the monography of the first public power plant of Bucharest – the power plant Grozăvești. The electricity supply solutions development of Bucharest are presented as well.

Energetica 30 (1982), nr. 2, p. 83–86

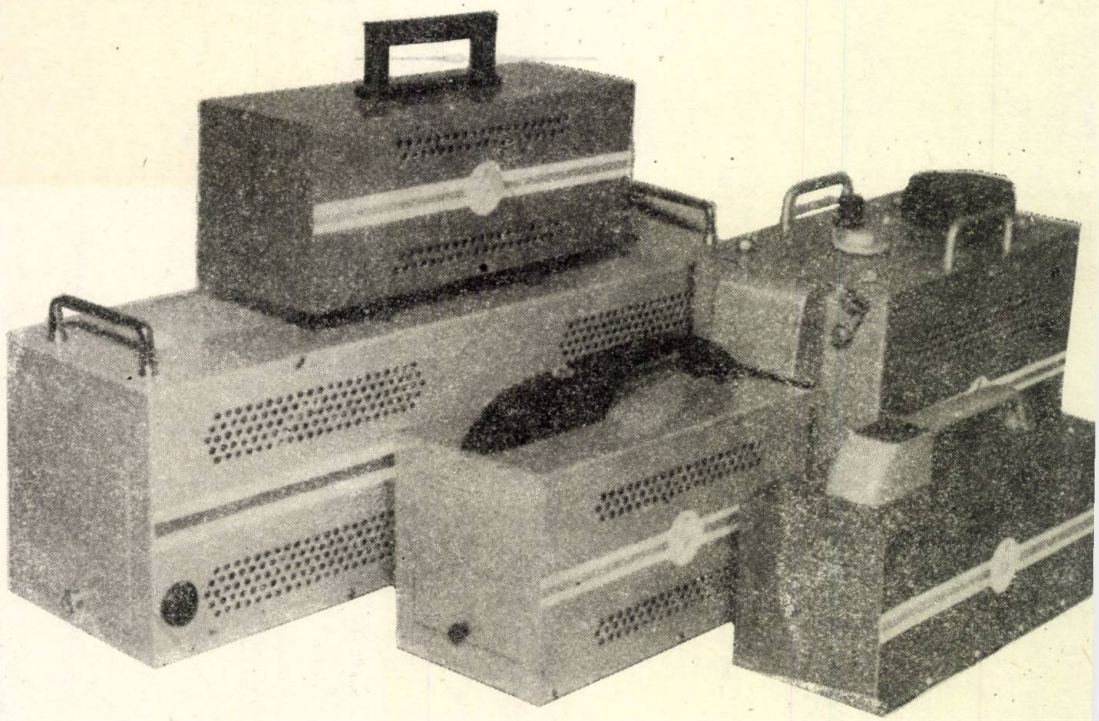
TECHNICAL NOTES
INVENTIONS AND INNOVATIONS
TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS
CHRONICS
TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA
BOOK REVIEWS
FROM THE REVIEW SUMMARIES

m.e.e cire IRE BACĂU URTAE ROMAN

str.Fabrica de tevi nr.2

EXECUTA :

- Transformator de sudură monofazat cu şunt magnetic tip MTS-500; 30 kVA ; 500 A ; 380/60 V.
- Transformator de sudură monofazat cu şunt magnetic tip MTS-300 ; 10 kVA ; 300 A ; 380/60 V.
- Microtransformator de sudură monofazat de 200 A tip MTSM-200 ; 6 kVA ; 220/60 V ; 200 A.
- Microtransformator de sudură monofazat de 100 A tip MTSM-100 ; 5 kVA ; 220/60 V ; 100 A.
- Microtransformator de sudură monofazat de 50 A tip MTSM-50 ; 2 kVA ; 220/60 V ; 50 A.
- Microagregat de sudură cu funcţii multiple tip MASFM-200 pentru executarea lucrărilor de sudură cu arc electric, sudură cap la cap şi a operaţiunilor de lipire cu alamă şi cositor 6 kVA ; 220/60/2,5 V ; -45 A/200 A/2000 A.
- Miniredresor de sudură tip MS-200; 8 kVA; 380 V c.a./45 V c.c.200 A.
- Transformatoare de sudură cu reglaj prin premagnetizare tip TSMRP-75 ; 4 kVA ; 380/70 V ; 75 A.



- Transformatoare tip TSP-35 pentru echiparea maşinilor pentru s prin puncte 35 kVA ; 380/3,04-6.8 V ; 5500 A.
- Agregat pentru sudat table subţiri pe ţeavă profil tip ASTS-1; 68 380/5,7-14,5 V ; 4300 A.
- Transformator pentru încălzirea ciocanului de lipit şi pentru lip plăcuţelor "VIDIA" pe cuţite de strung 8 kVA ; 220/7 V; 1000 A.
- Transformator ridicător de tensiune tip TI-100 pentru instalaţii încercare cu tensiune alternativă mărită 10 kVA ; 100 kV.
- Transformator de separaţie cu funcţionare monofazată şi trifaza tip TS-2 ; 630 VA ; 380-220 V/380-220 V.
- Transformator de separaţie monofazat TSM-2 ; 630 VA, 220 V fazat în 4 variante după tensiunea secundară (24 V, 36 V, 48 V, 220 V
- Staţii pentru tratarea termică a sudurilor 91 kVA ; 380 V/7,6-4 2000-5000 A.
- Transformator dublor de frecvenţă pentru sudare cu arc electri 100 Hz ; 3x380/220 V ; 50 Hz, 9 kVA, 170 A, 60-70 V la 100 Hz.

TRUSTUL ELECTROMONTAJ BUCUREŞTI ROMANIA

TEM

USTUL ELECTROMONTAJ BUCUREŞTI
ea Moşilor 158. Telefon 16.63.30

ECUTA PRIN GRUPURILE SALE DE
NTIERE cu sediile în :

- BUCUREŞTI
- BACAU
- CIMPINA
- CLUJ
- SIBIU
- TIMISOARA

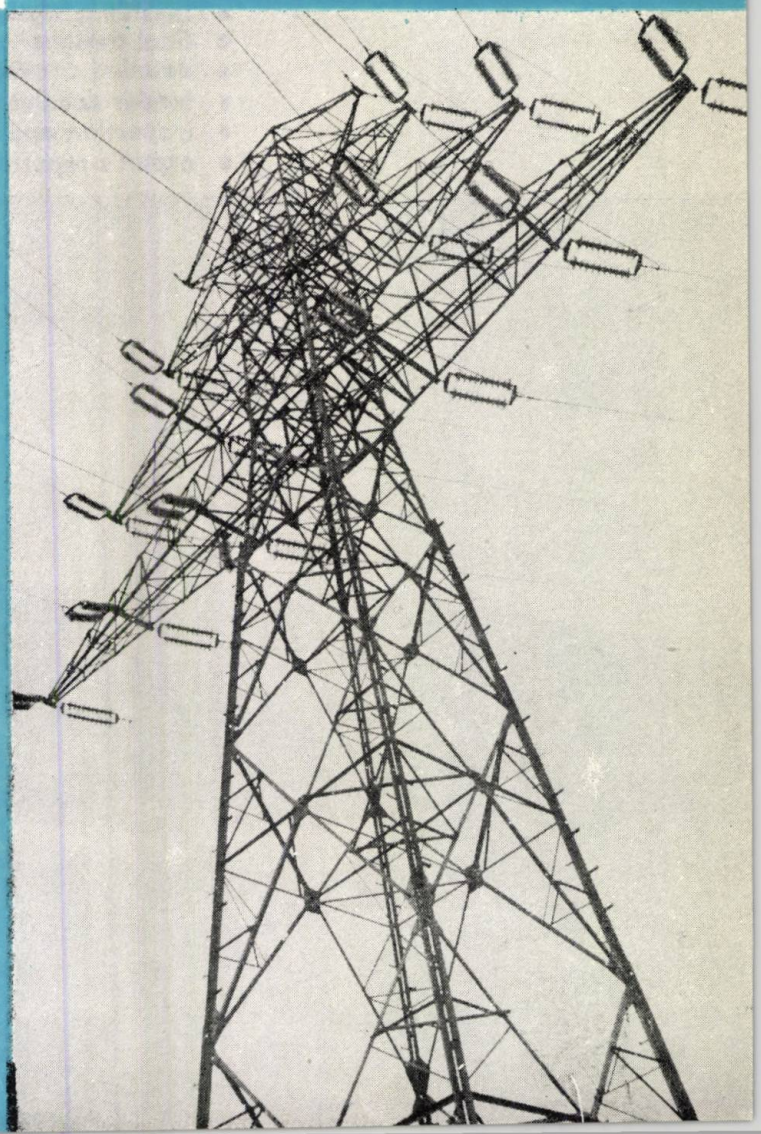
ucrări de linii electrice aeriene 110-400 kV

ucrări de linii electrice subterane pînă la 400 kV

ucrări de traversări subfluviale în cablu pînă la 110 kV

taţii electrice de transformare de la 6 la 400 kV

na lucrărilor de mai sus se execută în ăinătate prin intermediul Intreprinderii de nerţ exterior ROMELECTRO



I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

ISPH-Designing Institute with complex profile offers :

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

1982 SEP 16

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

E 2039

MW

REFERÁLVA

3

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
MARTIE 1982

energetica

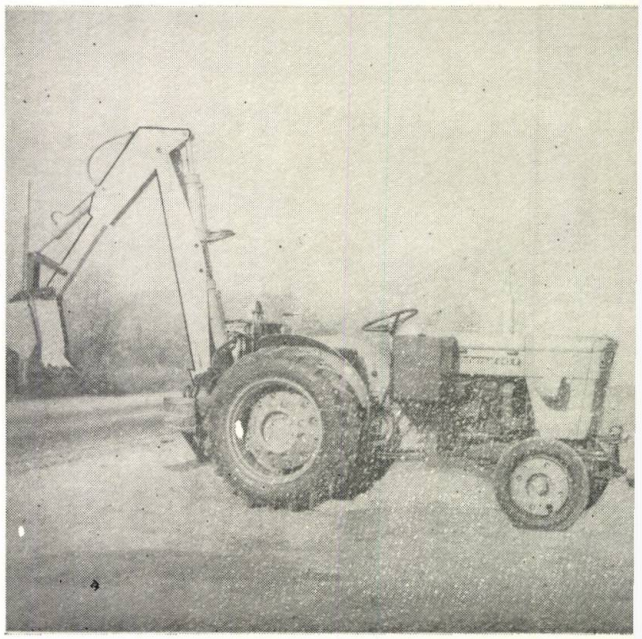
m.e.e cire

EXECUTA PRIN UNITATILE SALE : IRE PLOIESTI–UARMT,CIMF
str.Flamurei nr.26

UTILAJ FUNCTIONAL PENTRU SAPAT, ASTUPAT SANTURI SI CARAT PAMINT, MONTAT PE TRACTOR

Caracteristici tehnice principale :

- tractor purtător – universal 445 V (viticol)
- motorul – model D 115 tip Diesel cu injecţie
- puterea motorului – 45 CP la 2400 rot/min
- instalaţia de iluminat şi semnalizare : claxon şi 2 faruri faţă ø 130 tip RA-2-130 (din dotare tractor), plus lămpi de poziţie şi semnalizare direcţie (din amenajare)
- dimensiuni de gabarit în poziţie de transport
  - lungime 5.175 mm
  - lăţime 1.420 mm
  - înălţime 2.965 mm
- dimensiunile culoarului de lucru (săpare pe direcţia axei longitudinale cu încărcare laterală în auto)
  - lăţime 3.135 mm
  - înălţime 3.710 mm
- vitezele de săpare (cu anvelopele spate 11,20-28) 6 înainte ; 2,19-3, 96-6, 23-7, 88-14 25-22,43 km/oră şi 2 înapoi : 3,22-11,58 km/oră
- capacitatea cupei 0,07 mc
- lăţimea cupei 368 mm
- lăţimea şanţului 400 mm
- adîncimea maximă a şanţului 1.500 mm
- unghiul de rotire (cu lingura încărcată în poziţie înaintea descărcării) ± 90°
- unghiul de rotire sub care se poate executa săparea fără pierderea stabilităţii (valoarea exactă se stabileşte prin prototip) circa ± 45°
- modul de acţionare hidraulic
- distanţa între calaje (în poziţia calat) 1.300 mm
- productivitatea tehnică 15 m^3/h
- productivitatea de exploatare (echivalent pentru şanţ 0,4 x 1,1 m productivitatea de exploatare este de circa 5,5 m^3/h / 12,2 ml/h



Destinaţia produsului

- Utilajul tip UBE-45-1420-1500/400 este destinat pentru lucrări de săpat şanţuri necesare pozării cablurilor în terenuri pînă l categoria a IV-a de tărie şi astuparea acestor şanţuri. De asemenea, este posibilă utilizarea acestui utilaj şi în cadrul altor lucrări cu specific de construcţie din afara sectorului energetic (Electromontaje, Energopetrol, MTTc, MCI, MAIAA, MMPG etc.). Prin dimensiunile reduse de gabarit ale utilajului, se rezolvă în mod favorabil lucrările de săpare şi de astupare a şanţuril în localităţi, lucrări ce nu pot fi realizate în mod corespunzător cu utilajele existente.

INSTALATIE PENTRU RECONDITIONAREA FIZICA A ULEIURILOR ELECTROIZOLANTE
INSTALATIE MOBILA TIP IRUM 4 T

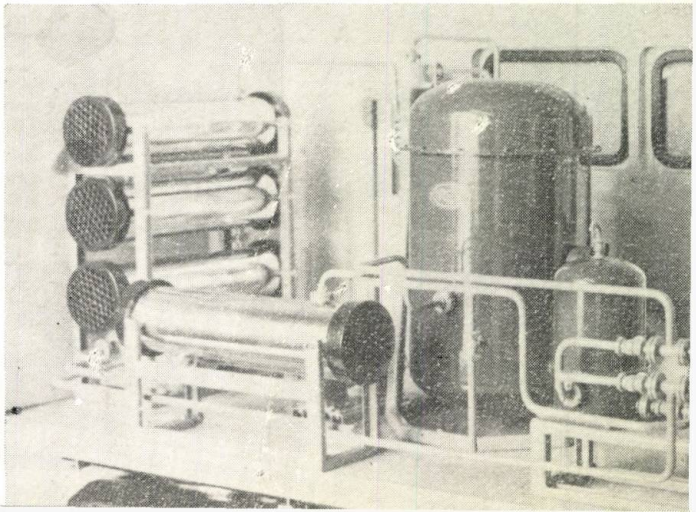
IRE SIBIU
str.Uzinei nr.2

Descriere

- Instalaţia mobilă tip IRUM 4 t are o construcţie modernă. Este amplasată pe o remorcă auto de 5 t de tip 2R 5A cu un prir de funcţionare hidraulic combinat cu cel termic bazat pe circularea uleiului printr-un sistem de filtre şi cameră de degazare chisă sub presiune scăzută la un vid preliminar de 97-99 %. Este destinată să execute recondiţionări ale uleiurilor electroiz

Caracteristici tehnice şi funcţionale

- Puterea electrică instalată 155 kV
- Debit de ulei vehiculat 4.000 l/h
- Vidul maxim realizat 97-99 %
- Temperatura maximă admisibilă 80°C



INSTALATIE FIXA TIP IRU 3 T

Caracteristici principale

- Puterea electrică consumată :
  - pînă la atingerea temperaturii de 80°C 118 kW
  - în funcţionare normală 42 kW
- Debitul de ulei vehiculat 3000 l/h
- Vidul maxim realizat 97 %
- Temperatura maximă admisibilă 80°C

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

APARE SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

dr. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
ing. St. Berenghi
ing. P. Cartianu
ing. M. M. Dăneilă
ing. H. Furtunescu
ing. N. Georgian
dr. ing. Gh. Luca
dr. chim. Maria Maftei
dr. ing. G. Manoleseu
ing. B. Marcu
dr. ing. A. Măcriş
ing. I. Măiereanu (redactor responsabil adjunct)
dr. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
prof. dr. doc. ing. V. I. Nitu
dr. ing. E. Pavel
dr. ing. T. Popa
dr. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

Revista ENERGETICA este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74 568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20.67.30, 21.46.30

ANUL 30 **3** martie 1982

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

G. Chercea

Aplicarea conceptului de similitudine la morile-ventilator 97—100

D. Cristescu, A. Timotin

Influenţa pierderilor longitudinale şi transversale asupra formei supratensiunilor 101—105

F. Vatră, A. Cristovici

Consideraţii privind soluţiile de tratare a conductoarelor de protecţie ale unei LEA 106—111

E. Covar

Scheme simplificate pentru partea de 6 kV a staţiilor de 110/6 kV ce alimentează întreprinderi industriale 112—121

R. Sfichi

Consideraţii cu privire la comportarea bateriilor de condensatoare-şunt pentru compensarea puterii reactive în staţiile de transformare de 110 kV/MT ce alimentează consumatori deformanţi 121—127

A. Ruiu

Turbine cu freon pentru centrale solare de mică putere 127—132

P. Militaru, Z. I. Neag, C. Petrescu

Concepţia liniilor electrice aeriene de înaltă şi foarte înaltă tensiune, ţinînd seamă de relaţia cu mediul înconjurător 133—138

INVENŢII-INOVAŢII 138—140
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 140—141
RECENZII 141—142
DIN SUMARUL REVISTELOR 143—144

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomîrleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — şef Oficiul de informare documentară pentru energetică
Alice Anastasescu — redactor principal
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. Sector 3. Tarif pentru întreprinderi şi instituţii : 100 lei anual ; tarif pentru abonamente individuale : 30 lei anual. Costul unui exemplar : 5 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona adresîndu-se la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136—137, telex : 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/6463/1982

41 401

Aplicarea conceptului de similitudine la morile-ventilator

Ing. G. Chercea *)

Avantajele oferite de utilizarea similitudinii în realizarea unor echipamente noi sînt incontestabile și nu mai este necesară o justificare a acesteia.

Moara-ventilator, deși este un echipament auxiliar important al cazanului de abur, nu beneficiază de existența unei proceduri de calcul stricte, care să conducă la rezultate certe. Din acest motiv fabricile constructoare recurg la dezvoltarea unor noi tipuri de mori-ventilator prin similitudine. Pornind de la constatarea că lucrările publicate care tratează subiectul similitudinii morilor-ventilator prezintă doar imagini incomplete sau chiar eronate ale problemelor care apar, lucrarea de față își propune să prezinte o abordare mai cuprinzătoare a acestor aspecte.

Moara-ventilator poate fi privită ca o mașină de curgere, mai precis ca un ventilator care vehiculează un amestec bifazic solid-gaz în regim staționar. Apelînd la teoria ventilatoarelor centrifugale [1], [2] și urmărind efectele funcționării cu praf în suspensie, pot fi stabilite următoarele *criterii de similitudine aerodinamică* :

$$\frac{\omega^2 D_2}{g} = \text{const.} \qquad (1a)$$

$$\frac{\omega D_2^2}{\nu} = \text{const.} \qquad (1b)$$

$$\frac{m_g}{D_2^2 \omega \rho_g} = \text{const.} \qquad (1c)$$

$$\frac{m_s}{m_g} = \text{const.} \qquad (1d)$$

$$\frac{w_s d}{\nu} = \text{const.} \qquad (1e)$$

$$\frac{d(\rho_s - \rho_g)}{D_2 \rho_g} = \text{const.} \qquad (1f)$$

unde

D_2 este dimensiunea caracteristică a rotorului ventilatorului (diametrul exterior), m ;
ω — viteza unghiulară a rotorului, rad/s ;
g — accelerația gravitațională, m/s² ;
ν — viscozitatea cinematică a gazului, m²/s ;
m_g — debitul masic de fază gazoasă, kg/s ;
m_s — debitul masic de fază solidă, kg/s ;
ρ_g — densitatea fazei gazoase, kg/m³ ;
ρ_s — densitatea fazei solide, kg/m³ ;
d — dimensiunea caracteristică a fazei solide, m ;
w_s — viteza absolută a fazei solide, m/s.

O primă dificultate rezidă în caracterul polidispers al fazei solide. Nu se poate vorbi de o valoare unică a dimensiunii caracteristice (diametrului) particulelor care alcătuiesc faza solidă. Dificultatea poate fi depășită adoptînd ipoteza avansată de Uşakov și Zverev [3]. Această ipoteză arată că în cazul prafului polidispers, diametrul caracteristic d al prafului monodispers poate fi înlocuit cu D_0 în cazul în care curbele granulometrice ale resturilor exprimate în funcție de d/D_0 sînt identice. Pentru D_0 se poate adopta fie valoarea diametrului particulei celei mai mari, fie valoarea diametrului pentru care restul cumulat este egal cu o valoare adoptată preliminar. În acest fel criteriile (1*e*) și (1*f*) devin :

$$\frac{w_s D_0}{\nu} = \text{const.} \qquad (1'e)$$

$$\frac{D_0(\rho_s - \rho_g)}{D_2 \rho_g} = \text{const.} \qquad (1'f)$$

Criteriul (1'*e*) are structura criteriului Reynolds (pentru faza solidă — Re_s) iar criteriul (1'*f*) are structura unui raport de dimensiuni corectat cu densități (Δ).

În plus :

— viteza periferică a rotorului are valoarea :

$$u_2 = 0{,}5\ D_2 \omega \qquad (2)$$

— aria secțiunii de ieșire a rotorului are valoarea :

$$F_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \qquad (3)$$

În consecință :

— criteriul (1*a*) capătă forma criteriului Froude :

$$\text{Fr} = \frac{u_2^2}{D_2 g} = \text{const.} \qquad (1'a)$$

*) Ing. George Chercea este cercetător științific principal a ICEMENERG.

— criteriul (1*b*) capătă forma criteriului Reynolds raportat la periferia rotorului :

$$\mathrm{Re}_{u_2} = \frac{u_2 D_2}{\nu} = \text{const.} \qquad (1'b)$$

— criteriul (1*c*) capătă forma coeficientului de debit volumic al morii-ventilator privită ca un ventilator de gaze :

$$\varphi = \frac{V}{F_2 u_2} = \text{const.} \qquad (1'c)$$

— criteriul (1*d*) nu este altceva decît concentraţia masică a fazei solide în faza gazoasă :

$$\mu = \frac{m_s}{m_g} = \text{const.} \qquad (1'd)$$

În consecinţă, similitudinea procesului de curgere a sistemului bifazic în mori-ventilator geometric asemenea este condiţionată de respectarea egalităţii criteriilor (1'). Deci criteriile care caracterizează moara-ventilator din punct de vedere aerodinamic, şi anume :

— coeficientul de presiune : $\psi = \dfrac{H}{\rho_g u_2^2}$ **(4)**

— coeficientul de putere : $\lambda = \dfrac{N}{\rho_g u_2^2 F_2}$ (5)

— randamentul hidraulic : η_h

vor fi funcţii de criteriile : Δ, Re_s, Fr, Re_{u_2}, φ şi μ.

Din punctul de vedere al tehnicii proceselor, moara-ventilator poate fi privită ca o maşină în care mărunţirea combustibilului se produce prin acţiunea unei forţe asupra particulei de cărbune. Această forţă însumează următoarele componente :

— lovirea particulei de către palete : $P_{lov-pal}$;

— lovirea particulei de carcasa morii : $P_{lov-carc}$;

— frecarea particulei de suprafaţa paletelor rotorului (proporţională cu forţa de inerţie Coriolis) : $P_{frec-pal}$;

— frecarea particulei de carcasă (proporţională cu forţa centrifugă ce acţionează asupra particulei, care se deplasează, în cazul general cu viteza medie a fazei gazoase) : $P_{frec-carc}$.

Romadin [4] şi Remenyi [5] citează experimentări în baza cărora poate fi asumată ipoteza conform căreia combustibilul solid aflat în stare uscată este un corp ce nu suferă deformaţii importante. Această proprietate este ilustrată de modulul de elasticitate Young (E — $\mathrm{N/m^2}$) şi de coeficientul adimensional Poisson (m). Mărunţirea cărbunelui se produce ca efect al apariţiei în particule a unor eforturi produse de forţele exterioare P. Deci mărunţirea unei particule de cărbune cu diametrul d (m) este caracterizată de parametrii determinanţi :

$$m,\ E,\ d,\ P \qquad (6)$$

Apelînd la teorema π, aceşti parametri pot fi grupaţi în două combinaţii adimensionale :

$$m = \text{const.} \qquad (7a)$$

$$\frac{P}{E d^2} = \text{const.} \qquad (7b)$$

Sistemul (7) constituie condiţia *similitudinii mecanice* a măcinării cărbunilor în mori-ventilator.

Prin urmare, similitudinea aerodinamică şi similitudinea mecanică a morii-ventilator este determinată de sistemele de criterii (1') şi (7). Respectarea strictă a acestora este o sarcină foarte dificilă, practic imposibilă. Rămîne deci ca acest cadru să fie simplificat.

Se poate constata că criteriul (7 *b*) este de fapt o exprimare a legii lui Hooke, care stabileşte proporţionalitatea între :

— efortul normal : $\sigma = P/F$ (dar secţiunea F este proporţională cu d^2) şi

— deformaţia relativă : $\varepsilon = \sigma/E$.

Dar la măcinarea combustibilului în model şi moara reală există :

— condiţia de identicitate a curbei granulometrice :

$$R = \mathrm{f}\ (d/D_0) \text{ şi}$$

— aceeaşi alcătuire tehnologică.

În consecinţă se poate considera că rapoartele real/model vor avea valorile :

$$m/m^* = k_m = 1 \qquad (8$$

$$E/E^* = k_E = 1 \qquad (9$$

Atunci pentru condiţia (7 *b*), deformaţiile relative ale particulelor de combustibil vor avea aceeaşi valoare atît în moara reală cît şi în moara model, fiind satisfăcută condiţia :

$$\varepsilon = \varepsilon^* \qquad (10$$

Această condiţie arată că, în fapt, condiţiile de similitudine mecanică ale proceselor de măcinare în mori-ventilator se reduc la egalitatea eforturilor normale σ în particulele de cărbune (pentru model şi real) sub acţiunea forţelor externe, care, din păcate, la stadiul actual al cunoştinţelor, nu pot fi calculate.

Conform teoriei lui Kirpicev, citată în [6], la măcinarea cărbunelui în moara reală şi în cea model, pentru faze solide disperse caracterizate de aceeaşi distribuţie granulometrică $R = \mathrm{f}(d/D_0)$ şi pentru mori avînd aceeaşi alcătuire tehnologică, lucrul mecanic de deformar

va fi proporţional cu cantităţile volumetrice V_S sau masice M_S măcinate, deci :

$$A = \sigma^2 V_s/2E = \sigma^2 M_s/2E\rho_s \qquad (11a)$$

$$A^* = \sigma^{*2} V_s^*/2\,E^* = \sigma^{*2} M_s^*/2\,E^*\rho_s^*, \qquad (11b)$$

de unde rezultă condiţia :

$$\frac{A}{M_S} = \frac{A^*}{M_S^*} \qquad (12)$$

sau :

$$\frac{N_{măc.}}{m_s} = \frac{N^*_{măc.}}{m_s^*} = E_{măc.} = E^*_{măc.}, \qquad (13)$$

unde

$N_{măc.}$ este puterea consumată pentru măcinare, exclusiv pierderile mecanice în lagăre şi dispozitivul de antrenare, W ;

$E_{măc.}$ — consumul specific de energie pentru măcinare, W_s/kg.

Astfel s-a obţinut un rezultat interesant, şi anume acela că egalitatea consumurilor specifice de energie pentru măcinare poate servi drept condiţie determinantă de similitudine mecanică a măcinării cărbunelui în mori-ventilator simile, înlocuind criteriile (7), evident dificil de utilizat.

Puterea consumată pentru măcinare reprezintă suma puterilor consumate în procesele de lovire şi frecare :

$$N_{măc.} = N_{lov.pal.} + N_{lov.carc.} + N_{frec.pal.} + N_{frec.carc.} \qquad (14)$$

Pentru moara reală şi moara model pot fi scrise relaţiile :

$$N_{măc.} = 0{,}5\; m_s u_2^2\,(0{,}75 + h f_{s-pal} + R_\alpha \alpha f_{s-carc.}) \qquad (15a)$$

$$N^*_{măc.} = 0{,}5\; m_s^*\; u_2^{*2}\,(0{,}75 + h^* f^*_{s-pal} + R^*_\alpha \alpha^* f^*_{s-carc.}), \qquad (15b)$$

unde

$= \dfrac{L}{D_2}$ este înălţimea relativă a paletelor ;

$R_\alpha = r_\alpha/D_2$ — raza vectoare relativă ;

— unghiul carcasei, rad ;

f_{s-pal}, $f_{s-carc.}$ — coeficienţii de frecare dintre faza solidă şi palete sau carcasă.

Pornind de la relaţiile (15), împărţindu-le la m_s, respectiv m_s^* şi considerînd şi relaţia (13), poate fi trasă concluzia importantă că în mori geometric asemenea, realizate din acelaşi material şi măcinînd cărbune real ($f_{s-pal} = f^*_{s-pal}$ şi $f_{s-carc.} = f^*_{s-carc.}$), similitudinea procesului de măcinare este asigurată prin egalitatea vitezelor periferice ale celor două rotoare :

$$u_2 = u_2^* \qquad (16)$$

Revenind la similitudinea aerodinamică, este momentul să amintim că circulaţia într-o treaptă centrifugală a unei maşini de curgere devine automodelată la depăşirea unei valori critice Re_{u_2cr}. Traupel [7] indică cea mai ridicată valoare : $Re_{u_2cr} \simeq 5 \cdot 10^6$. Această valoare este depăşită de morile-ventilator, deci respectarea criteriului Re_{u_2} din sistemul (1′) poate fi neglijată. În plus, se poate considera că forţa de greutate este neglijabilă în raport cu forţa de inerţie, motiv pentru care şi criteriul Fr din sistemul (1′) poate fi neglijat. Avînd în vedere că faza solidă are aceeaşi constituţie tehnologică şi aceeaşi structură granulometrică atît pentru moara reală cît şi pentru model, pot fi neglijate şi criteriile Δ şi Re_s din sistemul (1′), evident în condiţiile automodelării şi pentru cazul $u_2 = u_2^*$.

Procesul de măcinare este caracterizat de un parametru important, şi anume consumul de energie pentru unitatea de masă măcinată în unitatea de timp $E_{măc.}$. Determinarea cît de cît precisă a acestui parametru atît în condiţii de exploatare cît şi în condiţii experimentale nu este posibilă, nefiind cunoscute randamentele procesului de măcinare şi procesului de ventilaţie în moara-ventilator care cumulează funcţiile de moară şi ventilator. În schimb, puterea totală la arborele rotorului se determină simplu, fiind egală cu produsul dintre momentul de rotaţie şi viteza unghiulară a rotorului :

$$N_{rot.} = M_{rot}\,\omega \qquad (17)$$

Puterea la arborele rotorului (excluzînd pierderile mecanice şi cele în dispozitivul de antrenare) constă din suma puterilor cheltuite pentru măcinare, ventilare şi frecarea fazei gazoase de părţile fixe ale morii, deci :

$$N_{rot.} = N_{măc.} + N_{vent.} + N_{frec.} \qquad (18)$$

Pentru a calcula momentul de rotaţie se poate apela la relaţia lui Euler din teoria turbomaşinilor, care leagă variaţia momentului cantităţii de mişcare a sistemului în raport cu axa de rotaţie de suma momentelor impulsurilor tuturor forţelor exterioare care acţionează asupra aceluiaşi sistem, în raport cu aceeaşi axă. Dacă se consideră că prin reţeaua de palete rotorice a morii-ventilator circulă un sistem bifazic (gaz + particule solide), relaţia lui Euler pentru moara reală şi cea model are forma :

$$M_{rot.} = m_s\,(c_{2u} r_2 - c_{1u} r_1) + m_g (c_{2u} r_2 - c_{1u} r_1) + M_{frec.} \qquad (19a)$$

$$M^*_{rot.} = m_s^* (c^*_{2u} r_2^* - c^*_{1u} r_1^*) + m_g^* (c^*_{2u} r_2^* - c^*_{1u} r_1^*) + M^*_{frec.}, \qquad (19b)$$

unde

c_{1u} și c_{2u} sînt componentele vitezei absolute în direcție periferică la intrarea și ieșirea din rotor, m/s;

$M_{frec.}$ — momentul de frecare al discului rotorului care se opune rotirii (egal cu momentul de frecare al agentului de carcasa morii-ventilator), kg m²/s².

În cazul morii-ventilator, paletele au o formă strict radială, iar unghiurile de așezare ale acestora la intrarea și ieșirea din rotor sînt drepte. Avînd în vedere că o mișcare de prerotație la intrarea în rotor lipsește, se obține:

$$c_{2u} = u_2 \tag{20a}$$

$$c_{1u} = 0 \tag{20b}$$

și

$$c^*_{2u} = u^*_2 \tag{21a}$$

$$c^*_{1u} = 0 \tag{21b}$$

În plus $\omega_r = u$, deci puterea la arborele rotorului pentru moara reală și model, conform relației (17) devine:

$$N_{rot.} = m_s u_2^2 + m_g u_2^2 + N_{frec.} \tag{22a}$$

$$N^*_{rot.} = m^*_s u^{*2}_2 + m^*_g u^{*2}_2 + N^*_{frec.} \tag{22b}$$

Raportînd la m_s, respectiv m^*_s, se obține:

$$\frac{N_{rot.}}{m_s} = u_2^2 + \frac{u_2^2}{\mu} + \frac{N_{frec.}}{m_s} \tag{23a}$$

$$\frac{N^*_{rot.}}{m^*_s} = u^{*2}_2 + \frac{u^{*2}_2}{\mu^*} + \frac{N^*_{frec.}}{m^*_s} \tag{23b}$$

Avînd în vedere cele prezentate mai sus, rezultă că pentru a arăta egalitatea membrilor din stînga ai ecuațiilor (23) este necesar să se stabilească egalitatea:

$$\frac{N_{frec.}}{m_s} = \frac{N^*_{frec.}}{m^*_s}, \tag{24}$$

în condițiile, impuse de relațiile (1') și (16).

Raportul $N_{frec.}/m_s$ reprezintă consumul specific de energie cheltuită pentru acoperirea pierderilor prin frecarea discului de agent. Conform formulei lui Stodola:

$$N_{frec.} = \beta u_2^3 D_2^3 \rho \tag{25}$$

unde

ρ este densitatea medie a agentului, kg/m³;

β — coeficient experimental (funcție de cifra Re și construcția ventilatorului).

Poate fi făcută presupunerea că în regim de automodelare, coeficientul β este constant, deci egalitatea (24) este corectă pentru $\rho = \rho^*$. Aceasta înseamnă că:

$$\frac{N_{rot}}{m_s} = \frac{N^*_{rot}}{m^*_s}, \tag{26}$$

deci consumurile specifice de energie pentru măcinare și ventilație sînt aceleași în condiții de similitudine geometrică și de regim ale morilor-ventilator.

În realitate, conform celor arătate de Brauer [8], în condițiile curgerii unui sistem bifazic (gaz + praf), turbulența apare la cifre Re mai mici decît în cazul curgerii unui sistem monofazic gazos, deci limita inferioară a automodelării se reduce. Pentru determinarea dimensiunilor modelului, scara geometrică minim admisibilă se calculează cu relația:

$$M_l = \frac{D^*_2}{D_2} = \frac{\nu^* \cdot 10^6}{u_2 D_2} \tag{27}$$

valabilă cu verificarea ulterioară a condițiilor de curgere legate de influența reciprocă dintre particule vecine și particule și pereții canalului, conform [8].

Drept concluzie, se poate afirma că similitudinea procesului de curgere a sistemului bifazic (gaz + praf) și a procesului de măcinare în mori-ventilator geometric asemenea este determinată de:

— egalitatea criteriilor μ și φ (1'*d* și 1'*c*);

— egalitatea vitezelor periferice ale rotoarelor;

— existența unui domeniu de curgere autodelat.

În aceste condiții, toate caracteristicile aerodinamice adimensionale (presiune, putere, randament hidraulic) și de măcinare (finețe de măcinare, panta curbei granulometrice — *n* consum specific de energie) vor fi funcții de aceste criterii, adică:

$$\psi, \lambda, \eta_h, R_{0,088}, n, E = f(\mu, \varphi) \tag{28}$$

Respectarea acestor condiții nu prezintă dificultate majoră, motiv care face posibil studiul prin similitudine al morilor-ventilator.

Bibliografie

[1] Eck, B. *Ventilatoren*, 5. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 1972.

[2] Pfleiderer, C., Petermann, H. *Strömungsmaschinen*. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1972.

[3] Uşakov, S. G., Zverev, N. I. *Inerţionnaia separaţiia pili*. Energhiia, Moscova, 1974.

[4] Romadin, V. P. *Pileprigotovlenie*. Gosenergoizdat Moscova, 1953.

[5] Remenyi, K. *The Theory of Grindability and the Comminution of Binary Mixtures*. Akadémiai Kiadó Budapest, 1974.

[6] Vauck, W. R. A., Müller, H. A. *Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik*. 5. Auflage. Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, Leipzig, 1978.

[6] Traupel, W. *Thermische Turbomaschinen*. Bd. I — 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, 1977.

[8] Brauer, H. *Grundlagen der Einphasen — und Mehrphasenströmungen*. Verlag Sauerländer, Aarau, 1971.

(Articol intrat în redacție la 5 noiembrie 1981)

nfluența pierderilor longitudinale și transversale asupra formei supratensiunilor

Prof. dr. ing. D. Cristescu
Prof. dr. doc. A. Timotin *)

Pentru un sistem fără pierderi, ecuațiile de propagare conduc la niște soluții $u(x, t)$, $i(x, t)$ în care transmiterea se face fără amortizare și fără distorsiune. Măsurători făcute pe linii reale încă din deceniul al patrulea [1] au arătat însă că, pe măsură ce unda de tensiune sau curent parcurge o distanță mai mare în lungul liniei, ea își reduce valoarea maximă și își modifică forma, se amortizează și distorsionează.

Ecuațiile după care se desfășoară fenomenul de propagare într-un sistem oarecare pot fi obținute pornind de la ecuațiile lui Maxwell ale cîmpului electromagnetic:

$$\text{rot}\,\vec{H} = \vec{J} + \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\text{rot}\,\vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

Scrierea lor pentru sistemele cu pierderi în conductor, aer și sol, cu aplicarea condițiilor de continuitate la suprafețele de separație între medii, permite să se obțină [2] un sistem de ecuații cu derivate parțiale sarcină pe unitatea de lungime-curent în lungul conductorului într-un punct x, la un moment t pentru un conductor oarecare dintr-un sistem multifilar dat.

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = i_r + \frac{\partial q}{\partial t}$$

$$-\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial i}{\partial t} - 2r\varepsilon_0 a \left(\frac{\partial E_{\bar{x}}}{\partial r}\right)_{med}$$

Apare, însă, în aceste ecuații un curent transversal radial, care iese din conductor pe unitatea de lungime i_r și variația radială a componentei longitudinale a cîmpului electric, amîndouă mărimi care, în condițiile regimului nestaționar al propagării undelor, nu pot fi determinate decît cu un grad mare de aproximație și fără o posibilitate directă de verificare experimentală.

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic București.

În fapt, amortizarea și distorsionarea în procesul de propagare sînt însoțite și de apariția unor viteze de propagare diferite de viteza luminii. Toate aceste aspecte pot fi explicate prin introducerea pierderilor longitudinale și transversale și a legăturilor mutuale între conductoarele cilindrice în sistemele multifilare, aspecte dintre care, în lucrarea de față, sînt luate în considerare numai pierderile. Pornind de la o serie de cercetări anterioare privind parametrii tranzitorii ai liniilor [3] și privind desfășurarea descărcării corona tranzitorii pe conductoarele liniilor [4], se prezintă modul de soluționare a ecuațiilor fenomenului de propagare pentru o linie cu un conductor și întoarcere prin pămînt.

Ipoteza liniei fără pierderi longitudinale revine la a spune că toate elementele de închidere a curentului de conducție, conductor și sol, au conductivitate infinită, deci unda electromagnetică nu pătrunde în aceste medii. Fenomenele de natura supratensiunilor au o durată foarte scurtă și viteze de variație foarte mari. La frecvențele de ordinul megahertzilor, care caracterizează aceste fenomene, nu se mai poate neglija adîncimea pătrunderii cîmpurilor magnetice și electrice în mediile conductoare. Corespunzător unei conductivități de ordinul $0{,}5 \times 10^8 \Omega^{-1}\,m^{-1}$ pentru conductor și $10^{-2}\Omega^{-1}\,m^{-1}$ pentru un sol mediu, adîncimile de pătrundere sînt de ordinul zecimilor de milimetri la conductoare și zecilor de metri la sol. Inductivitatea lineică nu este mult alterată, dată fiind valoarea mică a pătrunderii în conductoare, dar apare un pronunțat efect de suprafață; la deformarea undelor, un efect deosebit de puternic are solul, cu o conductivitate de circa 10^{10} ori mai mică față de a conductoarelor. Modul cum variază rezistența solului și conductoarelor cu frecvența fenomenului a fost precizat de Carson și Pollaczeck [5] și servește drept element de intrare în rezolvarea condițiilor de propagare.

Pentru o frecvență ω, un conductor de rază a, suspendat la înălțimea h, conductivitate σ_c, permitivitate μ_c și un sol de conductivitate σ_p, rezistența ansamblului conductor-sol se scrie

$$R(j\omega) = -\frac{\mu_c}{2r}\frac{J_0(a\sqrt{-j\omega\sigma_c\mu_c})}{a\sqrt{-j\omega\sigma_c\mu_c}\,J_1(a\sqrt{-j\omega\sigma_c\mu_c})} + \frac{\mu_0}{r}\int_0^\infty \frac{e^{-2\lambda h}\,d\lambda}{\lambda + \sqrt{\lambda^2 + J\omega\sigma_p\mu_0}}$$

În relația anterioară, J_0 și J_1 sînt funcțiile Bessel de speța întîi de ordinul zero și unu, primul termen reprezintă contribuția conductorului, iar al doilea contribuția solului.

Notîndu-se cu r_0 rezistența lineică de curent continuu a conductorului și cu $\frac{1}{\pi h^2 \sigma_p}$ rezistența lineică de referință a solului, raportul acestor mărimi

$$K = \frac{1}{\pi h^2 \sigma_p r_0}$$

este de ordinul $10^3 \div 10^4$. Variația în timp a rezistenței tranzitorii a fost obținută [3] pornind de la relația anterioară a lui $R(j\omega)$ înlocuind $j\omega$ cu p și determinînd originalul funcției $R(p)$ astfel obținute. În figura 1 se dau diagramele de variație a rezistențelor tranzitorii ale conductorului $r_c(t)$ și solului $r_p(t)$ raportate la r_0 — rezistența de curent continuu a conductorului, respectiv la Kr_0.

Asupra amortizării și deformării undelor, o contribuție chiar mai mare decît precedenta o au pierderile transversale, descărcarea corona de impuls. Fenomenul are un efect favorabil, reducînd solicitările izolației pe linii și în stațiile de la capetele acestora. De fapt, distribuția statistică a punctelor și amplitudinilor supratensiunilor atmosferice ajunse efectiv în stații se obține prin compunerea a trei legi de distribuție: distribuția caracteristicilor naturale ale curenților de trăsnet, distribuția deformărilor de propagare care rezultă din repartiția aleatorie a punctelor de impact al trăsnetului în lungul liniei și distribuția rezistențelor de priză de pămînt, coroborată cu variația conductivității solului.

Cercetarea acestui aspect a fost făcută cu multă minuție în [4], pe două căi: injectarea unor impulsuri de înaltă tensiune în conductoarele unei linii reale, cu măsurarea supratensiuni în procesul de propagare în diverse puncte ale liniei, și aplicarea unor impulsuri de tensiune pe eșantioane diverse de conductor în laborator, cu cercetarea parametrilor descărcării corona.

În această a doua metodă se măsoară variația instantanee a sarcinii spațiale injectate de descărcarea corona în vecinătatea conductorului în funcție de valoarea instantanee a tensiunii aplicate. Pornind de la analiza relație experimentale $q - u$ în lucrarea de față se va prezenta programul de determinare a deformării în procesul de propagare pe o linie reală

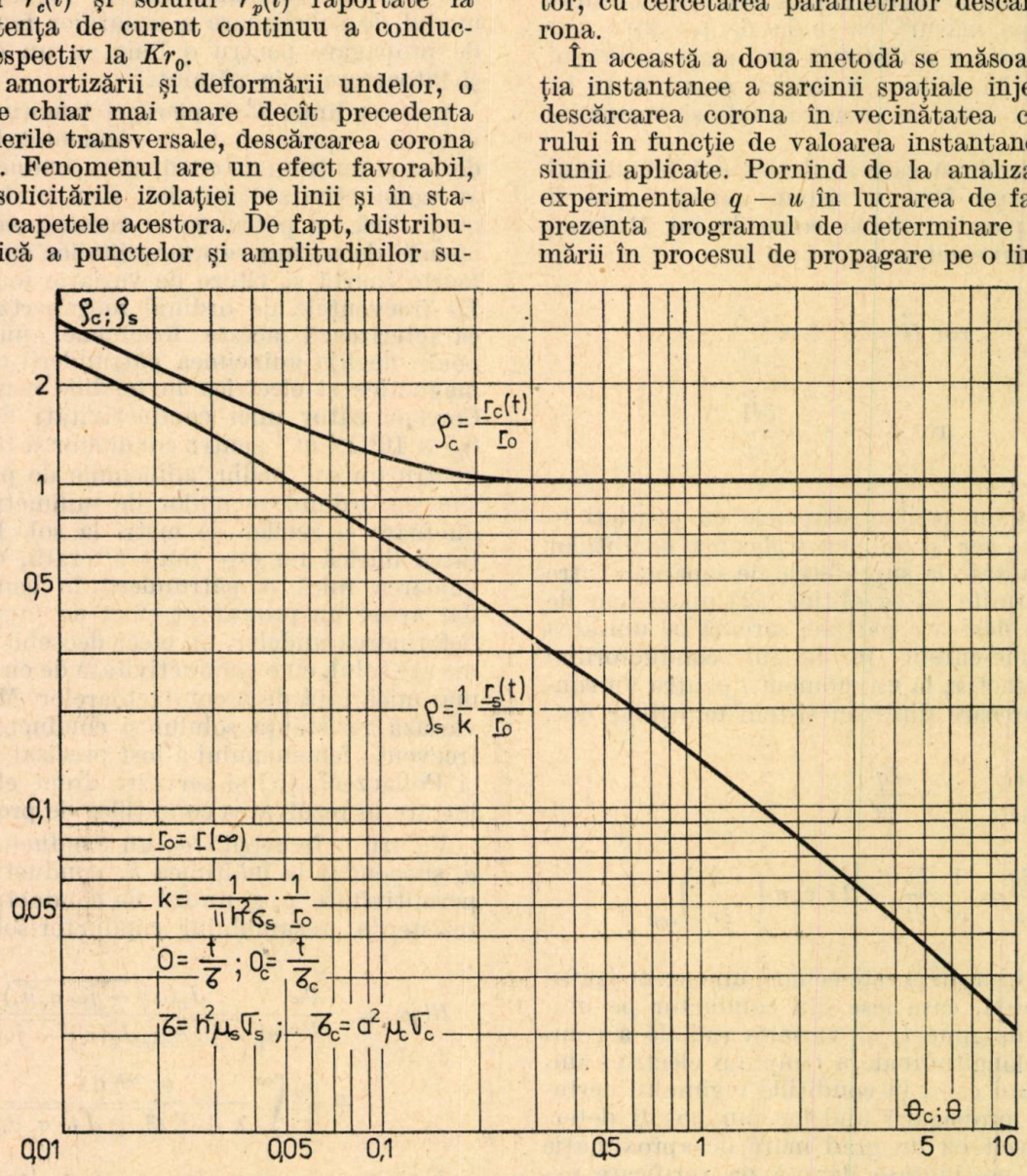


Fig. 1. Curbele universale de variație a rezistenței tranzitorii a liniilor (monofilare) pentru rezistența internă a conductorului (ρ_c) și rezistența solului (ρ_s) în funcție de timpul redus (θ).

h — înălțimea conductorului deasupra solului; a — raza conductorului; indicele s — pentru elementele solului; c — pentru conductor; μ — permeabilitat magnetică; σ — conductivitatea $\left(\frac{1}{\Omega m}\right)$.

folosindu-se prima dintre interpretările fenomenului de deformare discutate în [4]. La valori inferioare tensiunii critice, sarcina conductorului este integral capacitivă

$$q_{geom}(t) = C_{geom} \cdot u(t)$$

La depășirea valorii critice a cîmpului electric la suprafața conductorului, deci a tensiunii critice u_0, în jurul acestuia apare o sarcină spațială care, adunată cu cea geometrică, dă sarcina totală a conductorului

$$q(t) = q_{geom}(t) + q_{sp}(u)$$

Cum în scrierea ecuațiilor telegrafiștilor apare un termen de forma $\frac{\partial}{\partial t}$ (Cu), adică de fapt $\frac{\partial q}{\partial t}$, se poate scrie într-un punct oarecare al liniei

$$\frac{\partial}{\partial t}(\mathrm{Cu}) = \frac{\partial q}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial t} = C_{din}\frac{\partial u}{\partial t}$$

Factorul $\partial q/\partial u$ este dimensional o capacitate care în zona liniară a procesului, pentru $u < u_0$ se reduce la capacitatea geometrică a sistemului. După u_0 capacitatea C_{din}, numită capacitate dinamică, este panta instantanee a ciclului sarcină-tensiune și este totdeauna mai mare decît capacitatea geometrică. Această valoare de capacitate va interveni în soluția ecuațiilor telegrafiștilor prin modificarea vitezei de propagare de la viteza luminii c la valoarea

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC_d}} \quad [< c]$$

Pentru valori ale tensiunii instantanee nu foarte depărtate de tensiunea critică, mai mică decît $3-3{,}5\ U_0$, și pentru conductoare de raze nu foarte mari, ciclul poate fi descris după tensiunea critică de o dreaptă cu panta capacității dinamice. Ambele ipoteze se realizează pe liniile reale ale sistemului energetic, unde supratensiunea este în orice caz limitată de tensiunea de conturnare 50 % a lanțului de izolatoare și conductoarele individuale au raze de ordinul 13—18 mm.

Din analiza a o serie de cicluri sarcină-tensiune trasate pentru o gamă largă de conductoare, în [6] se propun următoarele formule pentru variația capacității dinamice la ambele polarități:

$$C^{+}_{din} = C_{geom}\left[1 + 0{,}6\ \mathrm{ch}\left(\frac{a}{24{,}1}\right)^{1{,}1}\right]$$

$$C^{-}_{din} = C_{geom}\,[1{,}32 + 0{,}008a]$$

în care a este raza conductorului, în mm.

Scrierea ecuațiilor telegrafiștilor, în condițiile existenței pierderilor longitudinale și transversale, ale parametrilor tranzitorii și descărcării corona, conduce la

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = L_{ext}\frac{\partial i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}\int_0^{\infty} R(t - t')\, i(x, t')\, \mathrm{d}t'$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = C_{din}\frac{\partial u}{\partial t}$$

Programul de rezolvare numerică a sistemului de ecuații integrodiferențiale de mai sus folosește precizările anterioare privind rezistența tranzitorie $R(t)$, capacitatea dinamică C_{din} și observația rezultată din cercetarea ciclurilor sarcină-tensiune [4], [7], și anume că după depășirea valorii maxime întoarcerea ciclului se face cu o pantă aproximativ egală cu cea geometrică.

În [8] se prezintă bazele teoretice ale integrării numerice a ecuațiilor de propagare cu parametrii tranzitorii și capacitatea neliniară datorată descărcării corona, precum și programul de calcul întocmit pentru acest proces.

Validarea ipotezelor de calcul și a programului întocmit s-a realizat prin confruntarea rezultatelor numerice obținute cu cele prezentate în urma experimentărilor pe linii reale în [4]. În această lucrare se precizează că unda injectată la $l = 0$ are o formă biexponențială, peste care este suprapusă o sinusoidă. Ecuația acestui impuls pentru t în μs este:

$$u(t) = U_0\Big[0{,}998\ \mathrm{e}^{-0{,}123t} - 1{,}051\ \mathrm{e}^{-4{,}1t}\sin\left(12{,}3\,t + 70^{\circ}\frac{\pi}{180^{\circ}}\right)\Big]$$

și are un maxim la $t = 0{,}29$ μs. După circa 2—3 perioade, semnalul sinusoidal este practic complet amortizat. Din acest motiv, programul a fost inițializat cu o undă de impuls

$$u(t) = U'_0\,[\mathrm{e}^{-0{,}143t} - \mathrm{e}^{-15t}],$$

care, exceptînd prima oscilație, se suprapune practic total peste unda folosită în [4].

Analiza teoretică a fenomenului a pus în evidență o influență însemnată a calității solului asupra procesului de deformare, aspect cu atît mai accentuat cu cît variația fenomenului de impuls este mai abruptă. Deși o mărime prezentă în diverse standarde și norme, conductivitatea solului reprezintă un parametru greu de estimat, mai ales pentru un traseu de o lungime oarecare a liniei. Normele românești prevăd trei categorii de sol cu $10^{-2}\Omega^{-1}\ \mathrm{m}^{-1}$; $0{,}5\cdot10^{-2}\ \Omega^{-1}\ \mathrm{m}^{-1}$ și $10^{-3}\,\Omega^{-1}\ \mathrm{m}^{-1}$, dar aceste valori pot diferi de la o porțiune la alta după particularitățile microgeografice ale traseului.

Metoda de rezolvare a ecuațiilor generalizate ale telegrafiștilor permite separarea influenței factorului pierderilor longitudinale de ale efectului corona. În figura 2 se prezintă graficele de variație în timp a supratensiunilor deformate numai prin efect rezistiv, în diverse puncte ale liniei. Cu linie punctată sînt reprezentate curbele calculate pentru un sol cu $\sigma_p = 10^{-2}\Omega^{-1}m^{-1}$, iar cu linie plină curbele înregistrate pe o linie reală după [4]. Curbele din figura 2 prezintă o foarte bună apropiere între valorile

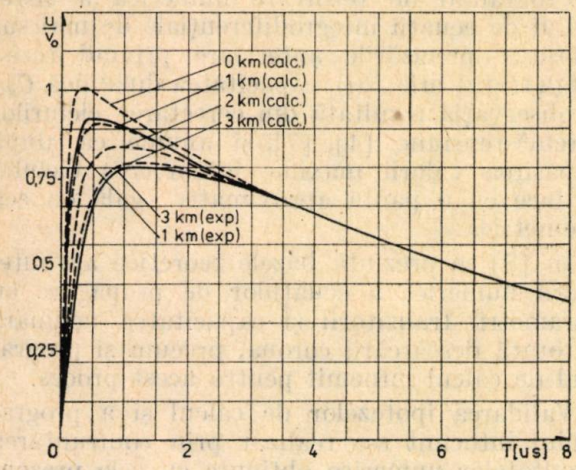


Fig. 2. Variația în timp asupra tensiunilor relative cu diverse puncte cu deformare provocată de rezistențele longitudinale.
— — — curbe calculate; ——— curbe experimentale obținute după [4] pentru o tensiune inferioară valorii critice corona.
Conductivitatea solului: $\sigma_p = 10^{-2}\Omega^{-1}m^{-1}$, conductor $2r = 26{,}4$ mm OL—Al.

experimentale și cele calculate după metoda prezentată mai sus. La această suprapunere s-a ajuns în urma testării mai multor valori de conductivitate a solului. O analiză de detaliu arată că amortizarea undei pe parcursul de la 1 km la 3 km este de 0,85 pentru valorile experimentale și de numai 0,87 pentru cele calculate, ceea ce reprezintă o eroare mai mică decît 3%, eroare total acceptabilă avînd în vedere toate impreciziile fenomenului, atît în măsurătoare cît și în conducerea calculului. Se notează pentru precizare că la aceste fronturi, foarte abrupte, întîrzierea provocată de elementele rezistive este de ordinul 0,2—0,3 μs pentru kilometrul de propagare.

Deformarea suplimentară provocată de descărcarea corona, după cum s-a menționat mai sus, este prinsă în calcule prin modificarea vitezei de propagare pentru punctele de pe frontul undei. După depășirea tensiunii critice, capacitatea conductorului crește peste valoarea geometrică. În calculul vitezei de propagare se introduce capacitatea dinamică. Toate cercetările în domeniul efectului corona de impuls au arătat că această creștere de capacitate este un fenomen foarte rapid, modificarea ulterioară a acestei creșteri rapide fiind relativ mică, de multe ori neînsemnată.

În figura 3 *a*, *b* și *c* sînt prezentate rezultatele calculului de deformare folosindu-se pentru

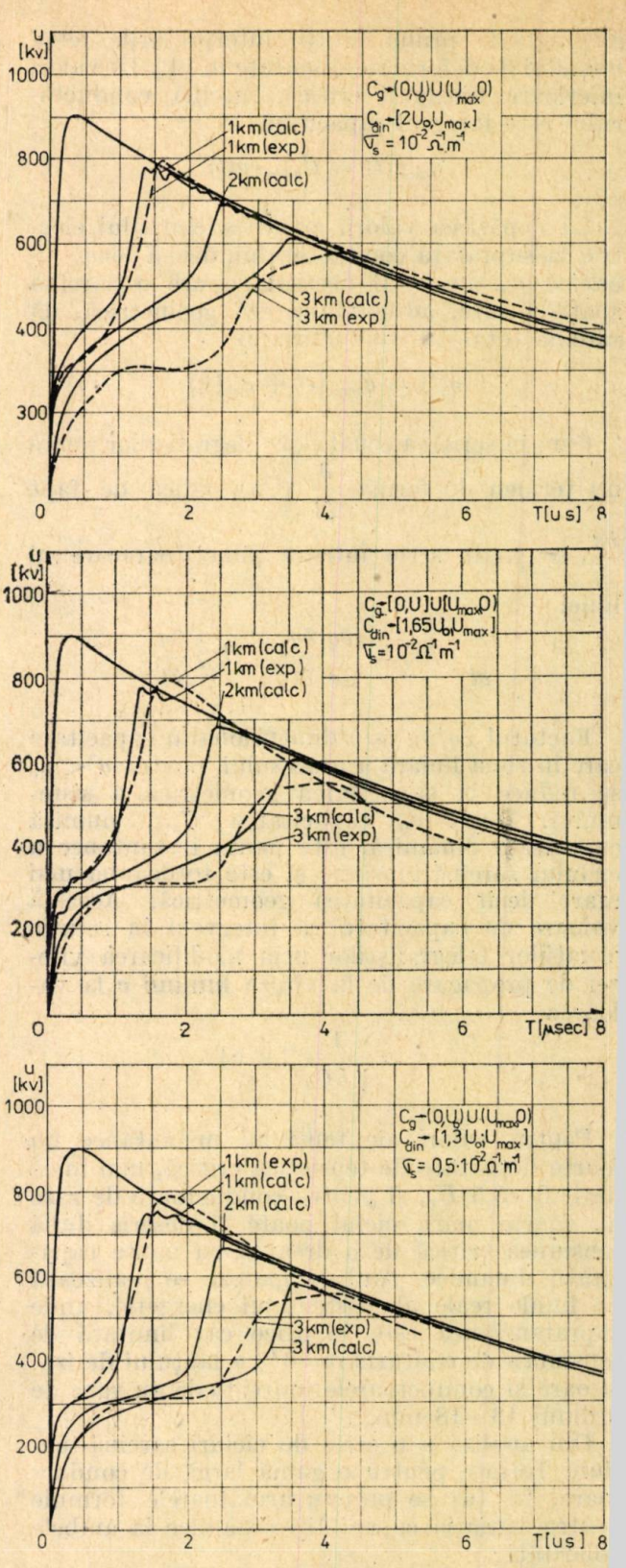


Fig. 3. Forma undelor de supratensiune deformate su acțiunea rezistențelor longitudinale și a efectului corona d impuls pentru diverse ipoteze de dezvoltare a descărcăr corona

a — dezvoltare lentă de la C_{geom} la C_{din}; *b* — dezvoltare cu viteză medie; *c* dezvoltare rapidă. După atingerea valorii capacității dinamice corespunzătoa razei de racordare, aceasta rămîne constantă pînă la maximul undei. Capacitatea pe spatele undei = capacitatea geometrică (curbele calculate linie plină).

capacitatea dinamică valoarea obținută cu formulele anterioare pentru raza conductorului în cauză. În figura 3 *a*, undele deformate au fost obținute presupunînd o creștere continuă de la C_{geom} la C_{din}, corespunzătoare în timp creșterii tensiunii de la U_0 la $2U_0$, deci o creștere relativ lentă, după care capacitatea dinamică rămîne constantă. În figura 3 *b*, aceeași creștere are loc corespunzător tensiunilor U_0 și 1,65 U_0, cu păstrarea ulterioară a lui C_{din} constantă. Observarea apropierii curbelor pentru 1 km și 3 km pune în evidență o netă îmbunătățire a modelului. Această îmbunătățire este și mai mult reliefată la presupunerea unei creșteri rapide corespunzătoare creșterii de la U_0 la 1,3 U_0; se poate chiar aprecia că lungimea palierului orizontal corespunzătoare pragului critic este cu ceva mai mare decît cea experimentală.

În figura 4 se prezintă curbele de variație în timp a supratensiunilor la 0 km, 1 km și 3 km. Cu linie plină sînt reprezentate curbele calculate, iar cu linie punctată cele experimentale. Se notează foarte buna suprapunere a curbelor calculate 1 *c*, 3 *c* peste cele experimentale 1 *e*, 3 *e*, ceea ce validează atît modelul matematic și programul de calcul corespunzător, cît în special posibilitatea utilizării rezultatelor obținute în laborator [4], pe lungimi reduse de

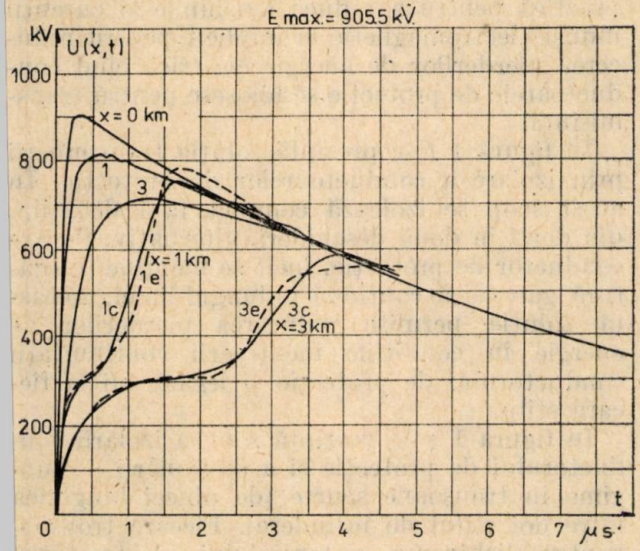


Fig. 4. Comparația rezultatelor obținute pe baza programului de calcul (1 *c*, 3 *c*) cu datele obținute în urma oscilografierii pe liniile reale (1 *e*, 3 *e*) după [4].

conductor, pentru determinarea deformării undelor în procesul de propagare. Efectul corona și rezistențele longitudinale dau întîrzieri de ordinul a 1—1,2 μs/km de propagare pentru conductorul folosit. În același grafic se poate observa comparativ și contribuția separată a rezistențelor longitudinale (curbele *1* și *3*) în procesul de deformare totală.

Programul de calcul astfel elaborat și modelul matematic care a stat la baza sa pot fi folosite fără nici o dificultate pentru orice altă geometrie de linie și tip de conductor, dar și pentru alte forme de undă incidentă mai apropiată de undele care iau naștere sub acțiunea descărcării prin trăsnet. În mod special sînt utile forme cu fronturi ceva mai lente, 1—2 μs, și constante ale spatelui ceva mai mari, de zeci de microsecunde. Deformarea undelor este mult influențată de valorile derivatelor, iar amplitudinea supratensiunii deformate este direct legată de forma spatelui undei.

Metoda prezentată are utilitate directă și imediată în verificarea protecției liniilor de înaltă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice și implicații economice prin posibilitățile de reducere a nivelului de izolație care se precizează pe această cale.

Bibliografie

[1] Lewis, C. și Forest, K. *Lighting investigation on transmission lines.* În : Trans. A.I.E.E., nr. 49, 1939.

[2] Kostenko, M. V. *Atmosferntie perenapriajeniia i grozozşcita visokovolinth ustanovok.* Moscova, G.E.J, 1949.

[3] Timotin, A. *Wave propagation on unifilar line with ground return.* In : Rev. Roum. Sc. Techn.

[4] Gary, C., Drăgan, G. și Cristescu, D. *Atténuation de propagation des surtensions sous l'influence de l'effet de couronne.* Raport CIGRE — 1978, 33—13.

[5] Carson, J. R. *Wave propagation in wires with ground return.* În : Bell System Technical Journal, nr. 5, 1926.

[6] Gary C., Drăgan, G. și Cristescu, D. *Method of calculating distortion characterisation of the cycles.* Raport CIGRE, SC-33, Brazilia, 1981.

[7] Wagner, C. F. și Lloyd, B. I. *Effect of corona on travelling waves.* În : Trans. A.I.E.E, 74, p. III, 1955.

[8] Timotin A. și Cristescu, D. *Integrarea numerică a ecuațiilor de propagare cu parametri tranzitorii și capacitate neliniară.* În : Bul. I.P.B., seria Matematică-Mecanică, nr. 4, 1981.

(Articolul intrat în redacție la 14 noiembrie 1981)

Consideraţii privind soluţiile de tratare a conductoarelor de protecţie ale unei LEA

Partea I

Ing. F. Vatră
Dr. ing. A. Cristovici *)

Liniile electrice aeriene de înaltă şi foarte înaltă tensiune sînt prevăzute cu conductoare de protecţie pentru ecranarea conductoarelor active împotriva loviturilor directe de trăsnet, pentru reducerea influenţelor liniilor de energie electrică asupra reţelelor de telecomunicaţii aflate în apropiere, precum şi pentru reducerea riscului de electrocutare în apropierea stîlpilor LEA în cazul unui scurtcircuit monofazat. Conductoarele de protecţie realizează toate aceste posibilităţi numai în cazul cînd sînt racordate direct la toţi stîlpii LEA.

Legarea la fiecare stîlp a conductoarelor de protecţie conduce la apariţia unor pierderi de putere activă în buclele formate din conductoarele de protecţie şi legăturile la pămînt şi nu permite utilizarea lor pentru transmiterea de informaţii în înaltă frecvenţă.

Ca urmare a creşterii continue a complexităţii sistemului energetic şi a perfecţionării conducerii prin dispecer a acestuia, apare necesitatea asigurării unui număr tot mai mare de canale de transmitere a informaţiilor pentru sistemul teleinformaţional al DEN, pentru reţeaua de transmisiuni a acestuia, pentru accelerarea protecţiilor LEA etc., iar tehnica transmisiunilor de înaltă frecvenţă utilizînd ca suport conductoarele de protecţie izolate ale LEA poate fi o soluţie.

Izolarea conductoarelor de protecţie, atît din punctul de vedere al utilizării lor ca suport pentru transmisiuni de informaţii, cît şi din punctul de vedere al reducerii pierderilor, nu trebuie să conducă însă la depăşirea unor valori normate referitoare la inducţii, la tensiunile de atingere şi de pas etc.

Scopul acestui articol este de a pune în evidenţă unele probleme care apar la izolarea conductoarelor de protecţie, atît pentru utilizarea lor ca suport pentru transmisiuni de informaţii cît şi pentru reducerea pierderilor.

1. Soluţii de tratare a conductoarelor de protecţie

În figura 1 sînt prezentate soluţiile de tratare a conductoarelor de protecţie ale unei LEA cu două conductoare de protecţie. În figura 1 *a*, se prezintă soluţia de legare la pămînt a conductoarelor de protecţie la fiecare stîlp. Această soluţie nu poate fi folosită pentru transmisiuni de informaţii, iar pierderile sînt maxime.

În figura 1 *b* se prezintă soluţia de izolare a conductoarelor de protecţie pe întreaga lungime a liniei, iar în figura 1 *c* aceeaşi soluţie, dar utilizînd încrucişarea conductoarelor de protecţie.

În figura 1 *d* este redată soluţia izolării unui singur conductor de protecţie, celălalt conductor de protecţie fiind legat la pămînt la fiecare stîlp, iar în figura 1 *e*, varianta similară, dar cu încrucişarea conductoarelor de protecţie.

Soluţiile de izolare prezentate în figurile 1 *b*, *c*, *d*, *e* sînt utilizabile pentru transmisiuni în înaltă frecvenţă datorită continuităţii conductorului izolat. Ţinînd seama de aceste soluţii, transmisiunile în înaltă frecvenţă se pot realiza în următoarele sisteme : un conductor de protecţie-pămînt (fig. 1 *d* şi *e*), două sisteme de un conductor de protecţie-pămînt şi sistem de două conductoare de protecţie-pămînt şi sistem conductor de protecţie-conductor de protecţie (fig. 1 *b* şi *c*).

Încrucişarea conductoarelor de protecţie se practică pentru a reduce tensiunile şi curenţii induşi electromagnetic şi implicit pentru reducerea pierderilor de energie electrică cînd conductoarele de protecţie se folosesc pentru transmisiuni.

În figura 1 *f* se prezintă soluţia transpunerii prin izolare a conductoarelor de protecţie. În acest scop se izolează complet faţă de stîlp din două în două deschideri, alternativ, fiecare conductor de protecţie, încît se menţine o legătură galvanică continuă în lungul liniei. Această soluţie permite reducerea pierderilor de energie în condiţiile menţinerii continuităţi conductorului de protecţie şi legării lui la fiecare stîlp.

În figura 1 *g* se prezintă soluţia izolării conductorului de protecţie şi a secţionării pe lungime în tronsoane scurte (de obicei lungimea între doi stîlpi de întindere). Fiecare tronson pentru lichidarea potenţialului electrostatic se leagă la pămînt la un singur punct (de obicei la mijlocul tronsonului).

2. Tensiunile şi curenţii induşi în conductoarele de protecţie. Dimensionarea izolaţiei conductoarelor de protecţie şi a bobinelor de la capetele LEA

2.1. *Inducţia magnetică*

Cîmpul magnetic al unei LEA va determina apariţia unor tensiuni induse longitudinal pe conductoarele învecinate. Dacă un capăt a

*) Autorii lucrează la ISPE.

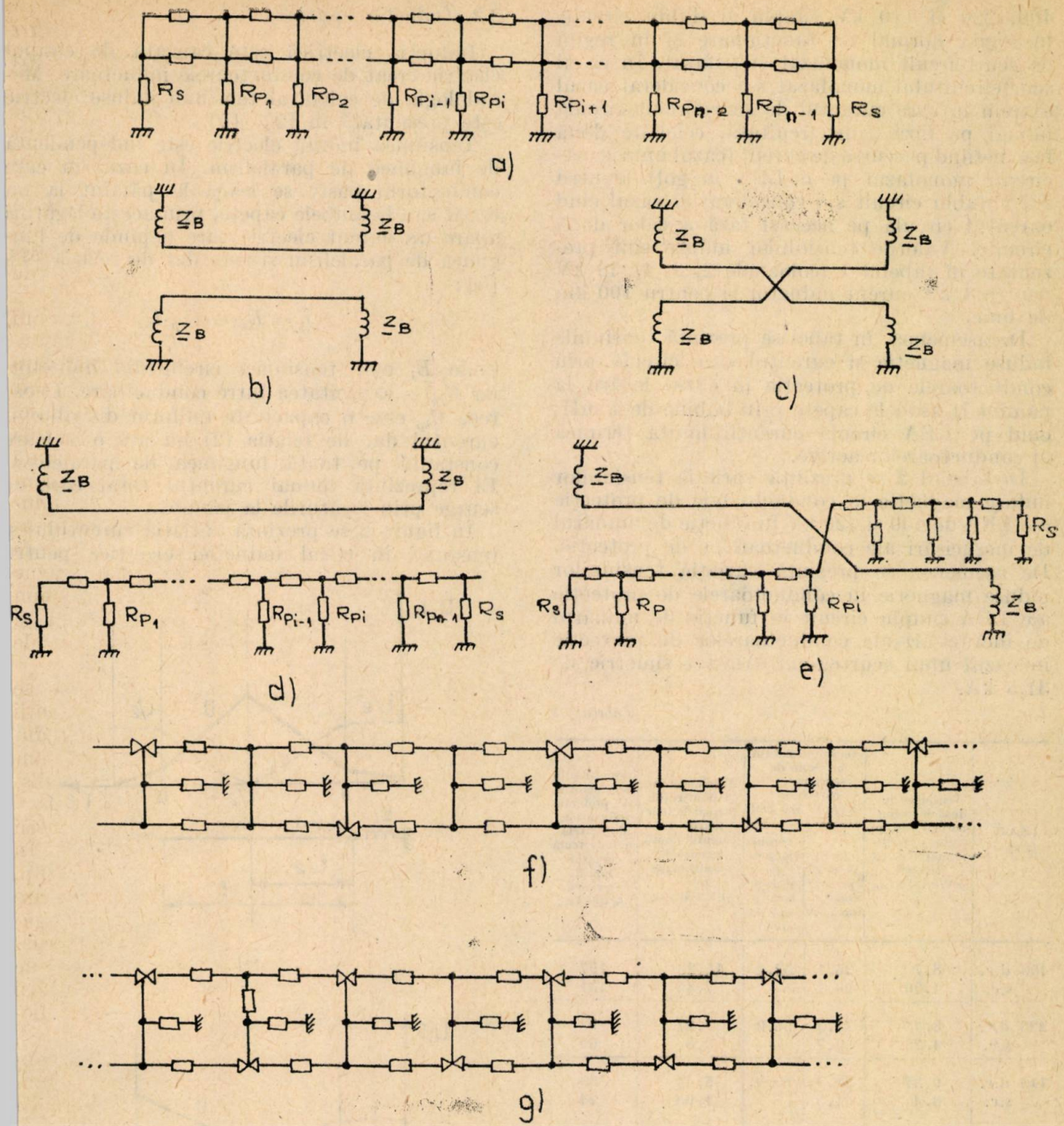


Fig. 1. Soluții de tratare a conductoarelor de protecție ale LEA cu două conductoare de protecție.

ircuitului în care se induce tensiune (circuitul asiv) este legat la pământ întreaga tensiune ıdusă va apărea între capătul deschis al aces-ıi circuit și pământ. Dacă și celălalt capăt se ;agă la pământ, în circuitul creat va apărea n curent electric.

Metodologia de calcul este prezentată în [2], 3], [5] și este folosită și pentru calculul induc-ilor în conductoarele de protecție. Pentru EA cu două conductoare de protecție, curen-i din conductoarele de protecție vor fi :

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{cp1} \\ \underline{I}_{cp2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{Th1} & \underline{Z}_m \\ \underline{Z}_m & \underline{Z}_{Th2} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \underline{E}_1 \\ \underline{E}_2 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

unde $\underline{Z}_{Th1}$, $\underline{Z}_{Th2}$ sînt impedanțele echivalente Thévenin ale conductoarelor de protecție, $\underline{Z}_m$ — impedanța mutuală între conductoarele de protecție, iar $\underline{E}_1$, $\underline{E}_2$ — tensiunile induse în conductoarele de protecție.

Pe baza relațiilor prezentate în [5] s-au determinat tensiunile induse magnetic în conductoarele de protecție izolate pentru LEA de

400, 220 și 110 kV simplu și dublu circuit, în regim normal de funcționare și în regim de scurtcircuit monofazat și trifazat. În cazul scurtcircuitului monofazat s-a considerat cazul extrem în care curentul de scurtcircuit circulă numai pe faza scurtcircuitată, celelalte două faze nefiind parcurse de curent (cazul unui scurtcircuit monofazat pe o LEA în gol). Pentru LEA dublu circuit s-a considerat și cazul cînd curentul circulă pe aceeași fază a celor două circuite. Valorile tensiunilor induse sînt prezentate în tabelul 1 (coloanele 2, 3, 4), în kV pentru 1 kA curent inductor și pentru 100 km de linie.

De asemenea, în tabel se prezintă tensiunile induse magnetic și curentul care circulă prin conductoarele de protecție în cazul legării la pămînt la ambele capete prin bobine de 1 mH, cînd pe LEA circulă curenții limită termică ai conductoarelor active.

În tabelul 2 se prezintă variația tensiunilor induse magnetic în conductoarele de protecție ale LEA de 400 și 220 kV în funcție de numărul de încrucișări ale conductoarelor de protecție. De asemenea se prezintă variația tensiunilor induse magnetic în conductoarele de protecție ale LEA simplu circuit în funcție de numărul de încrucișări ale conductoarelor de protecție în cazul unui scurtcircuit trifazat simetric de 31,5 kA.

Tabelul 1

LEA [kV]	Tensiunea indusă în regim normal sau în regim de scurtcircuit trifazat simetric [kV/kA, 100km]	Tensiunea indusă în regim de scurtcircuit monofazat [kV/kA, 100 km]		Tensiunea indusă în regim normal de funcționare la curentul limită termică în conductoare active [kV/100 km]	Curentul prin conductorul de protecție cînd pe conductoarele active circulă curentul limită termică [A/100 km]
		curent de sc.c. pe un conductor activ	curent de sc.c. pe aceeași fază în ambele circuite		
400 d.c.	8,7	26,1	52,2	15,23	197
s.c.	4,26	28,7	—	7,45	131
220 d.c.	8,48	28,0	56,0	7,21	93
s.c.	4,26	30,7	—	3,6	69
110 d.c.	9,37	31,7	62,4	5,44	65
s.c.	3,4	31,5	—	1,98	24

Tabelul 2

Număr de încrucișări	Tensiunea indusă în regim normal de funcționare sau în regim de scurtcircuit trifazat simetric [kV/kA, 100 km]	Tensiunea indusă în cazul unui scurtcircuit trifazat simetric de 31,5 kA [kV/100 km]
0	4,26	134
1	2,13	67
2	1,42	45
3	1,06	34
5	0,71	22
7	0,53	17
9	0,43	13

2.2. *Inducția electrică*

Inducția electrică este cauzată de cîmpul electric creat de conductoarele inductoare. Metodologia de calcul al tensiunii induse electric este prezentată în [2]—[5].

Tensiunea indusă electric este independentă de lungimea de paralelism. În cazul în care conductorul pasiv se leagă la pămînt la un capăt sau la ambele capete, prin aceste legături apare un curent electric care depinde de lungimea de paralelism și este dat de relația [4] [5]:

$$\underline{i} = \underline{E}_i \cdot \omega \cdot C_{ip} \cdot l, \qquad (2$$

unde $\underline{E}_i$ este tensiunea circuitului inductor iar C_{ip} — capacitatea între conductoare. Deoarece C_{ip} este o capacitate uniform distribuită curentul dat de relația (2) nu are o valoare constantă pe toată lungimea de paralelism. El reprezintă numai curentul total care se scurge prin legăturile la pămînt.

În figura 2 se prezintă variația curentului și tensiunii în cazul inducției electrice pentru

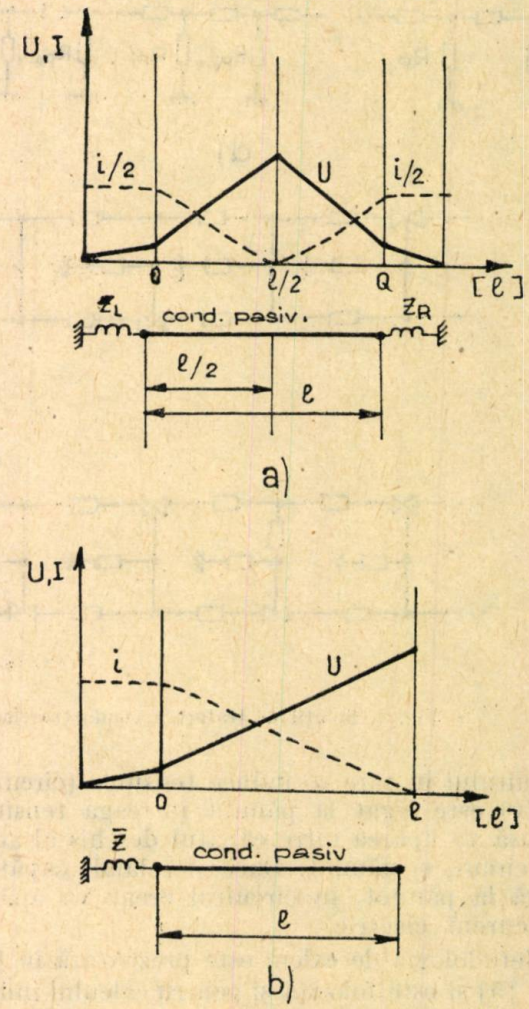


Fig. 2. Variația curentului și tensiunii în cazul inducției electrice pentru conductorul pasiv legat la pămînt la ambele capete (*a*) sau la un singur capăt (*b*).

conductorul pasiv legat la pămînt la ambele capete sau la un singur capăt.

Pentru conductoarele pasive legate la pămînt la ambele capete prin impedanţa $\underline{Z}$, prin fiecare din impedanţele de legare la pămînt va circula jumătate din valoarea curentului determinat de relaţia (2), iar tensiunea va atinge valoarea maximă la mijlocul conductorului pasiv şi se poate determina cu relaţia [1]:

$$\underline{U} = \frac{\underline{i}}{2}\left(\underline{Z} + \frac{\underline{Z}_p}{4}\right), \qquad (3)$$

unde $\underline{i}$ este curentul dat de relaţia (2), iar $\underline{Z}_p$ — impedanţa conductorului pasiv.

Pentru conductoarele pasive legate la pămînt la un singur capăt prin Z, prin această impedanţă va circula curentul dat de relaţia (2), iar tensiunea va avea valoarea maximă la capătul nelegat la pămînt şi se determină cu relaţia [1]:

$$\underline{U} = \underline{i}\left(\underline{Z} + \frac{\underline{Z}_p}{2}\right) \qquad (4)$$

Pe baza relaţiilor prezentate în [4], [5] cu completările de mai sus, s-au determinat, cu ajutorul programului INDUCŢIE [4], tensiunile induse electric în conductoarele de protecţie izolate ale unei LEA, cît şi curentul care se scurge prin legăturile la pămînt. De asemenea s-au determinat şi tensiunile pe bobinele de legare la pămînt. Rezultatele sînt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

LEA [kV]		Conductoare de protecţie legate la pămînt					Conductoare de protecţie nelegate la pămînt	
		Curentul total [A]	la ambele capete prin 1 mH		la un capăt prin 1 mH		U indus electric U_e[kV]	U izolare $= 1{,}5\,U_e$ [kV]
			U_{max} pe bobină [V]	U_{max} pe LEA [V]	U_{max} pe bobină [V]	U_{max} pe LEA [V]		
00	d.c.	13	2,04	127	4,08	509	62,2	93,3
	s.c.	5,54	0,87	54	1,7	216	24,9	37,3
0	d.c.	6	0,94	58,4	1,88	234	27,7	41,5
	s.c.	2,63	0,41	25,5	0,82	102	11,5	17,3
0	d.c.	3,8	0,6	39,5	1,2	159	16,5	25,5
	s.c.	1,44	0,23	14,9	0,43	60	6,5	9,75

Se observă că tensiunile induse electric sînt e ordinul zecilor de kilovolţi în cazul conducarelor de protecţie complet izolate şi de ordiul zecilor şi sutelor de volţi în cazul legării pămînt la unul sau la ambele capete. De emenea se observă că curentul de scurgere la mînt în cazul inducţiei electrice este mic.

2.3. Influenţa inducţiei electromagnetice asupra dimensionării bobinei de legare la pămînt şi asupra dimensionării izolaţiei conductoarelor de protecţie

În tabelul 1, col. 6, sînt prezentaţi curenţii pe care trebuie să-i suporte bobina de legare la pămînt de la capete în regim normal de funcţionare, cînd pe LEA circulă curentul limită termică al conductoarelor active. În regim de scurtcircuit, bobinele de legare la pămînt trebuie să suporte curentul maxim de scurtcircuit care poate apărea pe conductoarele active ale LEA, deoarece un conductor de protecţie poate să atingă conductoarele active în caz de avarie.

Distanţa de izolare a conductoarelor de protecţie utilizabile pentru transmisiuni în înaltă frecvenţă (fig. 1 *b*, *c*, *d*, *e*) trebuie astfel aleasă încît să suporte tensiunile induse electromagnetic în regim normal de funcţionare a liniei şi pentru restabilirea izolaţiei după lichidarea situaţiei de avarie.

Analizînd rezultatele de calcul prezentate în tabelele 1 şi 3, se observă că cele mai mari valori se obţin în cazul inducţiei electrice, cînd conductoarele de protecţie nu sînt legate la pămînt în nici un punct. Aceste valori, multiplicate cu un anumit coeficient de siguranţă, determină izolaţia conductoarelor de protecţie. Pentru un coeficient de siguranţă de circa 1,5, s-au obţinut valori pentru izolaţia conductorului de protecţie similare cu valorile din literatura de specialitate (ultima coloană din tabelul 3).

Izolaţia conductoarelor de protecţie nu se dimensionează pentru a face faţă scurtcircuitelor nesimetrice şi loviturilor de trăsnet.

Pentru preîntîmpinarea deteriorărilor izolatoarelor pe care sînt aşezate conductoarele de protecţie în timpul conturnărilor provocate de scurtcircuite nesimetrice sau la loviturile de trăsnet, izolatoarele trebuie prevăzute cu intervale de protecţie. Dimensionarea intervalului de protecţie trebuie astfel aleasă încît să asigure coordonarea între tensiunile de descărcare ale izolatoarelor şi intervalul de protecţie şi să se asigure străpungerea intervalului la apariţia unor tensiuni periculoase în conformitate cu caracteristica volt-secundă a lanţului de izolatoare şi a intervalului de protecţie.

În acelaşi timp, dimensionarea intervalului de protecţie trebuie să fie suficientă pentru a asigura o stingere sigură a arcului curentului de însoţire care trece prin el (curentul indus în regim normal de funcţionare a LEA). De aceea condiţiile de stingere a arcului pot impune creşterea intervalului de protecţie, ceea ce la rîndul său va impune creşterea distanţei de izolare.

Încrucişarea conductoarelor de protecţie conduce la reducerea curenţilor de însoţire, a pierderilor de energie electrică, dar conduce şi la creşterea atenuării semnalelor de înaltă

frecvență. De asemenea, încrucișarea conductoarelor de protecție poate avea ca efect nestrăpungerea izolației în cazul unui scurtcircuit trifazat simetric (tabelele 2, 3).

Pentru reducerea curenților induși în regim normal de funcționare a LEA, și deci pentru reducerea curenților de însoțire și a pierderilor, se pot utiliza condensatoare legate la pământ la capetele tronsonului izolat sau longitudinal în diferite puncte ale tronsonului. Aceste condensatoare trebuie însă protejate prin descărcătoare împotriva tensiunilor periculoase în caz de scurtcircuit sau de lovituri de trăsnet.

În cazul izolării conductoarelor de protecție numai în scopul reducerii pierderilor, distanța de izolare este mult mai mică (fig. 1 *f*, *g*). Deoarece conductorul de protecție este legat la pământ la fiecare stîlp sau pe tronsoane, în scopul anulării tensiunilor induse electric, tensiunea maximă care poate apărea în regim normal de funcționare nu depășește 50—70 V, conducînd la o distanță de izolare care să nu conturneze la valori mai mici ale tensiunii de 100—200 V.

3. Tensiunea de atingere și de pas pentru stîlpii LEA cu conductoare de protecție izolate

Pentru stîlpii LEA din afara localităților sau din zone cu circulație redusă din localități, nu se standardizează tensiunile de atingere și de pas. În cazul stîlpilor din zone cu circulație frecventă din interiorul localităților, conform STAS 7334-78 [7] tensiunile maxime admisibile de atingere și de pas sînt :

— 125 V pentru stîlpii LEA din rețelele izolate față de pământ și pentru stîlpii LEA din rețelele legate la pământ aflate în vecinătatea unităților industriale sau agricole ;

— 250 V pentru stîlpii LEA din celelalte rețele legate la pământ direct sau printr-o rezistență.

Condițiile pentru asigurarea unor tensiuni de atingere și de pas sub limitele admisibile sînt :

$$\frac{k_a \cdot R_p \cdot I_p}{\alpha} \leqslant U_a \qquad (5)$$

$$\frac{k_{pas} \cdot R_p \cdot I_p}{\alpha} \leqslant U_{pas} \qquad (6)$$

unde

$U_a(U_{pas})$ este tensiunea de atingere (de pas) maximă, V ;

R_p — rezistența instalației de legare la pământ de protecție, Ω ;

I_p — curentul de punere la pământ prin priză (parte din curentul total de defect care trece prin priza stîlpului), A ;

$k_a(k_{pas})$ — coeficientul de atingere (de pas) corespunzător prizelor de dirijare a distribuției potențialelor ;

α — coeficientul de izolare a amplasamentului.

Pentru priza de dirijare cu trei inele și patru raze (LEA de înaltă tensiune din zonele cu circulație frecventă), [8] $k_a = k_{pas} = 0{,}1$. În acest caz se consideră satisfăcute condițiile privind tensiunile limită de atingere și de pas dacă tensiunea maximă de pe stîlp este :

$$U_{st} = R_p \cdot I_p \leqslant \frac{U_a \cdot \alpha}{k_a} \qquad (7)$$

$$U_{st} = R_p \cdot I_p \leqslant \frac{U_{pas} \cdot \alpha}{k_{pas}} \qquad (8)$$

Pentru diferite valori ale lui α, U_{st} poate avea în funcție de izolația amplasamentului, valorile :

U_{st} = 2500 V pentru $\alpha = 1$, amplasament fără izolare specială ;

U_{st} = 5000 V pentru $\alpha = 2$, amplasament din balast

U_{st} = 7500 V pentru $\alpha = 3$, amplasament din dale de beton ;

U_{st} = 12500 V pentru $\alpha = 5$, amplasament din asfalt de 2—4 cm grosime.

Ținînd seama de valorile prezentate mai su pentru U_{st} și de distanțele de izolare ale con ductoarelor de protecție pentru cazul izolări din necesități de transmisiuni în înaltă frecvență se constată că nu apar probleme din punctul d vedere al tensiunilor de atingere și de pas l stîlpii LEA din afara localităților sau din zonel cu circulație redusă din localități, deoarece n se standardizează aceste valori . De asemene nu apar probleme în cazul izolării conducto relor de protecție din necesități de reducere pierderilor (fig. 1 *f*, *g*), deoarece distanțele d izolare sînt foarte mici.

În cazul stîlpilor din zone cu circulație fre ventă din interiorul localităților, în cazul iz lării conductoarelor de protecție pentru tran misiuni (vezi tabelul 3 și valorile pentru U_s în majoritatea cazurilor se depășesc limite admisibile ale tensiunilor de atingere și de pa În aceste cazuri, pentru obținerea tensiunil de atingere și de pas sub limitele maxime adm sibile, este necesară fie micșorarea coeficie tului $k_a(k_{pas})$ al prizelor de dirijare a distribuț potențialelor la stîlpi, fie mărirea coeficientu de izolare a amplasamentului.

În cazul LEA echipate cu două conducto de protecție, cînd, cu toate măsurile luate, se pot obține tensiuni de atingere și de pas s limitele maxime admisibile, se poate izola r mai un singur conductor de protecție. Izolar numai a unui singur conductor de protecție are implicații majore asupra tensiunilor atingere și de pas.

De asemenea trebuie menţionat că prin zolarea conductoarelor de protecţie creşte ezistenţa echivalentă a prizelor de pămînt a taţiilor de la capăt, datorită lipsei contribuţiei ezistenţelor prizelor de legare la pămînt ale tîlpilor LEA.

. Pierderile Joule în conductoarele de protecţie

Legarea conductoarelor de protecţie la pă- înt la fiecare stîlp, sau numai la anumiţi tîlpi, conduce la apariţia unor pierderi de putere ctivă în buclele formate din conductoarele de rotecţie şi legăturile la pămînt. Prin izolarea onductoarelor de protecţie, aceste pierderi ot fi reduse, reducerile depinzînd de soluţiile e tratare a conductoarelor de protecţie. În abelul 4 sînt prezentate pierderile în conduc- oarele de protecţie pentru diferite soluţii de ratare a conductoarelor de protecţie, pentru LEA de 400 kV simplu circuit. Metodologia e calcul este prezentată în partea a II-a a ucrării [10].

Soluţiile de tratare a conductoarelor de pro- ecţie prezentate în figurile 1 *b*, *c*, *d*, *e* sînt uti- zabile pentru transmisiuni, iar soluţiile din gurile 1 *f*, *g*, sînt utilizabile numai pentru educerea pierderilor.

După cum s-a mai arătat, pentru reducerea ierderilor se pot încrucişa conductoarele de rotecţie sau se pot utiliza condensatoare le- ate longitudinal sau transversal la conduc- oarele de protecţie.

Tabelul 4

oluţia de ratare a cond. protecţie	Pierderi pentru 1 kA curent in- ductor, 100 km LEA [kW]	Pierderi în % din pierderile pe cond. active	Pierderi în % din puterea transportată pe cond. active. (cca. 725 MW)	Pierderi pentru puterea naturală a LEA, 100 km [kW]
g. 1a	250,5	2,5	0,345	160,3
g. 1b	245,7	2,46	0,339	157,3
g. 1c	9,5	0,095	0,013	6,0
g. 1d	179,0	1,79	0,247	114,5
g. 1e	70,5	0,71	0,097	45,1
g. 1f	10,75	0,11	0,0148	6,88
g. 1g	0	0	0	0

oncluzii

Legarea la pămînt la fiecare stîlp a conduc- oarelor de protecţie (soluţia actuală în ţara oastră) conduce la apariţia unor pierderi de utere în buclele formate din conductoarele e protecţie şi legăturile la pămînt şi nu per- ite utilizarea lor pentru transmisiuni. Izolarea onductoarelor de protecţie atît din punctul de edere al utilizării lor ca suport pentru trans- isiuni de informaţii, cît şi din punctul de vedere reducerii pierderilor, nu trebuie să conducă însă la depăşirea unor valori normate ale inducţiei, ale tensiunilor de atingere şi de pas.

În funcţie de necesităţi, există mai multe soluţii de tratare a conductoarelor de protecţie, unele utilizabile, datorită continuităţii conductorului, pentru transmisiuni, permiţînd şi reducerea pierderilor, iar altele utilizabile numai în scopul reducerii pierderilor.

În regim normal de funcţionare a LEA, bobinele de legare la pămînt trebuie să suporte curentul indus, cînd pe conductoarele active ale LEA circulă curentul termic, iar în regim de scurtcircuit trebuie să suporte curentul maxim de scurtcircuit al LEA.

Izolaţia conductoarelor de protecţie utilizabile pentru transmisiuni trebuie astfel aleasă, încît să suporte tensiunile induse electromagnetic în regim normal de funcţionare a LEA şi restabilirea ei după lichidarea avariei. Izolaţia conductoarelor de protecţie nu se dimensionează la scurtcircuite nesimetrice şi la lovituri de trăsnet. În cazul izolării conductoarelor de protecţie numai în scopul reducerii pierderilor, izolaţia este foarte mică.

Încrucişarea conductoarelor de protecţie şi utilizarea condensatoarelor legate longitudinal sau transversal conduc la reducerea pierderilor.

Din punctul de vedere al tensiunilor de atingere şi de pas, apar probleme numai în cazul stîlpilor LEA din zone cu circulaţie frecventă din interiorul localităţilor. Nedepăşirea limitelor admisibile ale tensiunilor de atingere şi de pas poate conduce la restricţii privind izolarea conductoarelor la unele LEA.

Bibliografie

[1] * * * *Studiu privind introducerea transmisiunilor de IF utilizînd ca suport firul de gardă al LEA*. Studiu ISPE, 1980.

[2] * * * *Electromagnetic effects of overhead transmission lines. Practical problems, safewards and methods of calculation*. În : PAS nr. 3, mai-iunie, 1974.

[3] Blackburn, L. J. *Voltage induction in parallel transmission circuits*. În : PAS, nr. 2, februarie, 1963.

[4] Vatră, F. şi Cristovici, A. *Unele probleme ridicate de influenţele electrostatice ale liniilor electrice aeriene de ultraînaltă tensiune*. În: Energetica 23, nr. 9—10. 1975.

[5] Popescu, A., Cristovici, A., Necşulescu, D. S., Vatră, F. *Consideraţii privind implicaţiile utilizării liniilor electrice aeriene multiplucircuit*. În : Energetica 26, nr. 9, 1978.

[6] Clarke, E. *Analiza circuitelor şi sistemelor electroenergetice*. Editura tehnică, Bucureşti, 1973.

[7] * * * STAS 7334—78. *Instalaţii de legare la pămînt de protecţie*. Prescripţii.

[8] * * * PE 121/1976. *Instrucţiuni pentru proiectarea şi execuţia instalaţiilor de legare la pămînt*.

[9] Sufrim, M. şi Necşulescu, D. *Influenţa conductorului de protecţie asupra dimensionării prizelor de pămînt de la stîlpii LEA de foarte înaltă tensiune*. În : Energetica, nr. 6, 1970.

[10] Vatră, F. şi Cristovici, A. *Metodologie de calcul al pierderilor de putere activă în conductoarele de protecţie*. În : Energetica, 30, nr. 5, 1982.

(Articol intrat în redacţie la 20 mai 1981)

Scheme simplificate pentru partea de 6 kV a stațiilor de 110/6 kV ce alimentează întreprinderi industriale

Ing. E. Covar *)

1. Descrierea schemelor electrice de distribuție

Stațiile de 110/6 kV cu transformatoare de putere nominală pînă la 25 MVA și tensiune de scurtcircuit, $u_{sc} = 12\%$ nu pun probleme deosebite, deoarece puterea de scurtcircuit pe partea de 6 kV nu depășește 300 MVA (se pot utiliza celulele prefabricate cu gabarit redus de tip CII-10).

Stațiile de 110/6 kV cu transformatoare de 110/6,6 kV de 63 MVA sau de 40 MVA ($u_{sc} = 12\%$) necesită bobine de reactanță pentru reducerea puterii de scurtcircuit sub 300 MVA.

De regulă, stațiile de 110/6 kV sînt de tip racord adînc (SRA), adică fără aparataj pe partea de 110 kV a transformatoarelor de 110/6,6 kV. Articolul de față propune simplificarea schemei părții de 6 kV a stațiilor de 110/6 kV cu bobine de reactanță.

De cele mai multe ori, stațiile de 110/6 kV sînt prevăzute cu două transformatoare de 110/6,6 kV, fiecare dimensionat pentru întreaga sarcină a consumatorului (în regim normal de funcționare, transformatoarele sînt încărcate la jumătate din puterea lor nominală). Se realizează astfel două căi de alimentare a consumatorilor, fiecare dimensionată pentru sarcina totală absorbită de consumator. La întreruperea unei căi de alimentare, alimentarea consumatorului este preluată în întregime de cealaltă cale de alimentare, închizînd legătura transversală din aval de întrerupere (legăturile transversale se pot închide automat dacă sînt prevăzute cu întrerupător și instalație de AAR).

În prezent, stațiile de 110/6 kV cu bobine de reactanță se realizează de cele mai multe ori cu două sisteme de bare colectoare, din care unul secționat longitudinal (ca în figura 1), cu două cuple transversale și cuplă longitudinală. Existența celor trei secții de bare permite menținerea în funcțiune a două căi de alimentare și în cazul defectării unei secții de bare (rămîn două secții de bare în funcțiune, cîte una pentru fiecare cale de alimentare).

Acest avantaj este util în cazul racordării unor receptoare (de exemplu motoare de 6 kV de putere mare) la SRA, de asemenea prin bobine de reactanță. Racordarea motoarelor la barele de mare putere din SRA este necesară în cazuri foarte rare. Astfel, avînd în vedere o putere de scurtcircuit de 200 MVA pe barele

*) Ing. Eugen Covar este inginer proiectant principal III la IITPIC.

stațiilor de 6 kV alimentate prin bobine d reactanță (stația *1* sau stația *2* în figura 1) pot fi racordate la aceste stații motoare d 6 kV cu puteri nominale pînă la circa 8 MW, fără

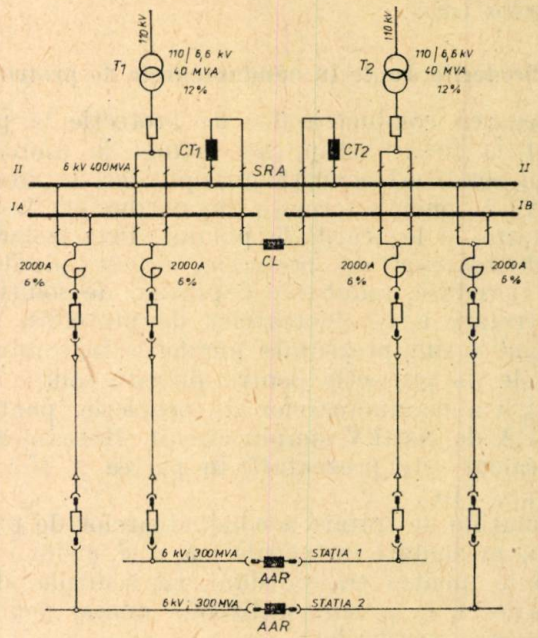


Fig. 1

ca, la pornirea directă a acestora, tensiunea p barele respective să scadă sub 0,8 U_n, U_n fiin tensiunea nominală (între faze) a rețelei. Pen tru calcule mai exacte se poate consulta [1

În cazul în care nu sînt racordate motoar de 6 kV la barele de 6 kV ale SRA se poat renunța la : barele de 6 kV cu separatoarele d bare aferente, cuplele transversale și longitu dinală și chiar la întrerupătoarele de 6 kV al transformatoarelor de 110/6,6 kV, așa cum s arată în figura 2, deoarece receptoarele (mo toare de 6 kV și transformatoare de 6/0,4 kV racordate la barele stațiilor *1* și *2* au asigurat dubla alimentare (spre exemplu, la căderea unei alimentări a stației *1*, secția de bare ră masă fără tensiune este realimentată prin în

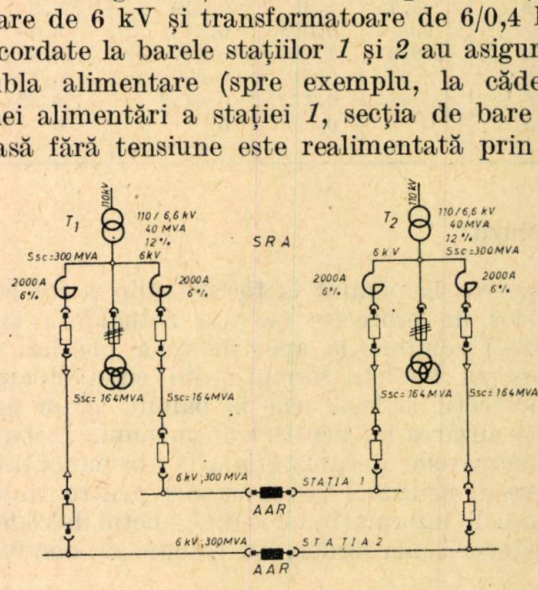


Fig. 2

chiderea cuplei din stația *1* prevăzută cu instalație de AAR).

Posibilitatea racordării de motoare de 6 kV în SRA se poate păstra creînd o legătură transversală în SRA între transformatoarele de 110/6,6 kV (de exemplu, prin separatoare, ca în figura 6, motoarele fiind racordate după bobinele de reactanță de 2000 A sau chiar înainte de acestea).

Pentru simplificarea schemei electrice de distribuție și pentru reducerea pierderilor de energie în bobinele de reactanță, este necesar să se prevadă numărul minim de bobine de reactanță:

— două bobine de reactanță de 2000 A pe un transformator de 110/6,6 kV, 40 MVA (fig. 2) sau o bobină secționată de 2 × 2000 A (fig. 3);

— trei bobine de reactanță de 2000 A pe un transformator de 110/6,6 kV, 63 MVA (fig. 6) sau o bobină de reactanță de 2000 A și o bobină secționată de 2 × 2000 A (fig. 7) sau două bobine de reactanță secționate de 2 × 2000 A (fig. 8).

Pentru mărirea siguranței în funcționare se pot realiza legături transversale pe partea de 6 kV a transformatoarelor de 110/6,6 kV cu separatoare (fig. 4, 6, 8) sau cu întrerupătoare (fig. 7), dacă se dorește închiderea automată a legăturii transversale (cupla cu instalație de AAR). Realizarea acestei legături transversale trebuie analizată pentru fiecare caz în parte. În schemele fără această legătură transversală (fig. 2, 3), la ieșirea din funcțiune a unui transformator de 110/6,6 kV vor fi scoși din funcțiune și fiderii stațiilor *1* și *2* corespunzători (deoarece se închid cuplele în stațiile *1* și *2*), deși acești fideri sînt în bună stare, iar stațiile *1* și *2* vor fi alimentate pe cîte un singur fider. La defectarea acestuia, stația respectivă rămîne fără alimentare, deoarece celălalt fider nu poate fi utilizat (utilizarea acestuia devine posibilă prin legătura transversală realizată pe partea de 6 kV a transformatoarelor de 110/6,6 kV).

În figura 6 sînt prevăzute separatoare pentru izolarea bobinelor de reactanță în cazul defectării acestora. În caz contrar, trebuie scos din funcțiune transformatorul de 110/6,6 kV corespunzător, stațiile *1*, *2*, *3*, *4* fiind alimentate pe cîte un fider pe durata reparației. Dacă această situație poate fi acceptată, avînd în vedere și fiabilitatea ridicată a bobinelor de reactanță, se poate renunța la separatoarele de izolare a bobinelor de reactanță, mai ales în cazul existenței uneia sau a două bobine de reactanță pe un transformator de 110/6,6 kV (fig. 2, 4, 7, 8).

Bobinele de reactanță secționate prezintă avantaje care vor fi subliniate în cele ce urmează, dar prezintă și dezavantajul că la ieșirea

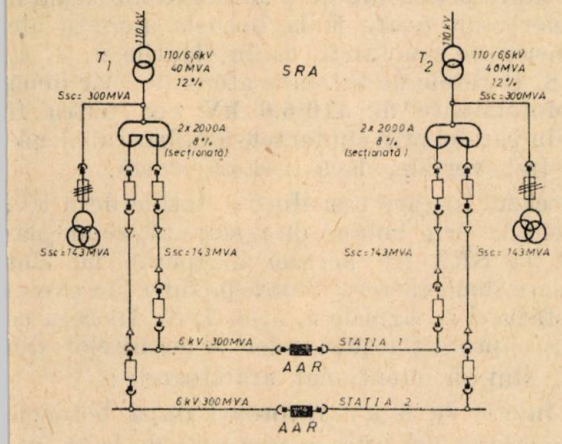


Fig. 3

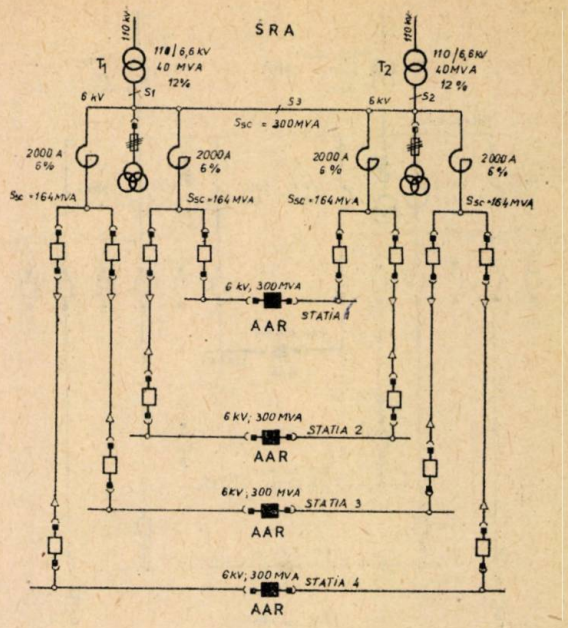


Fig. 4

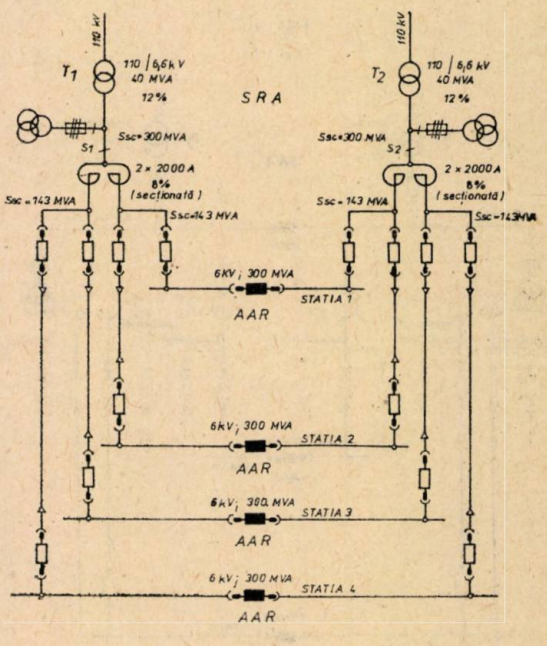


Fig. 5

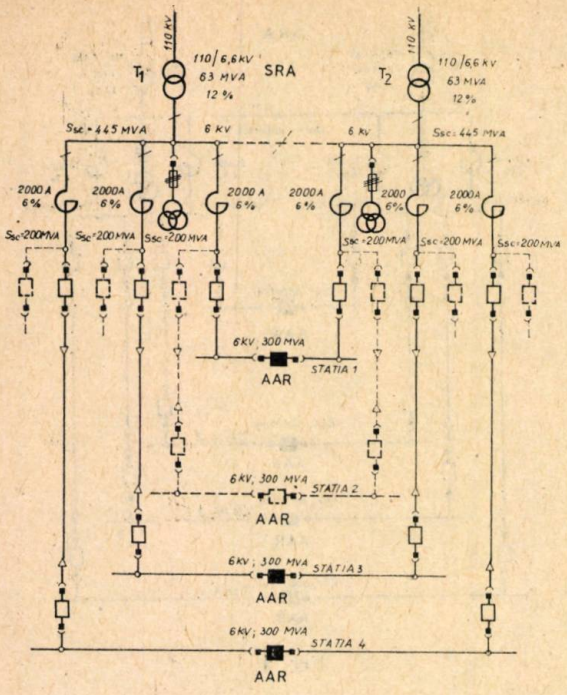


Fig. 6

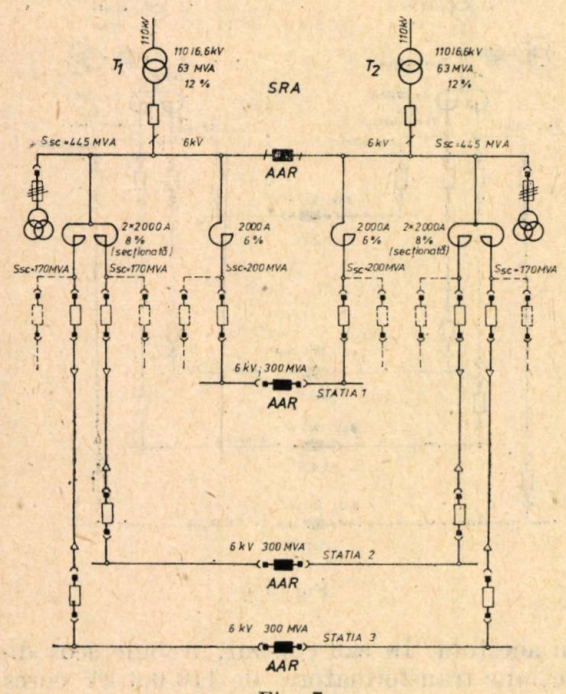


Fig. 7

din funcţiune a unor astfel de bobine de reactanţă vor ieşi din funcţiune mai multe plecări de 6 kV (fideri de staţii de 6 kV).

Pe fiecare bobină de reactanţă se pot racorda unul sau două circuite de plecare (unul sau două întrerupătoare). Utilizarea a două întrerupătoare pe o bobină de reactanţă este mai economică [2], dar la defectarea bobinei de reactanţă vor ieşi din funcţiune două circuite de plecare (doi fideri de staţii de 6 kV).

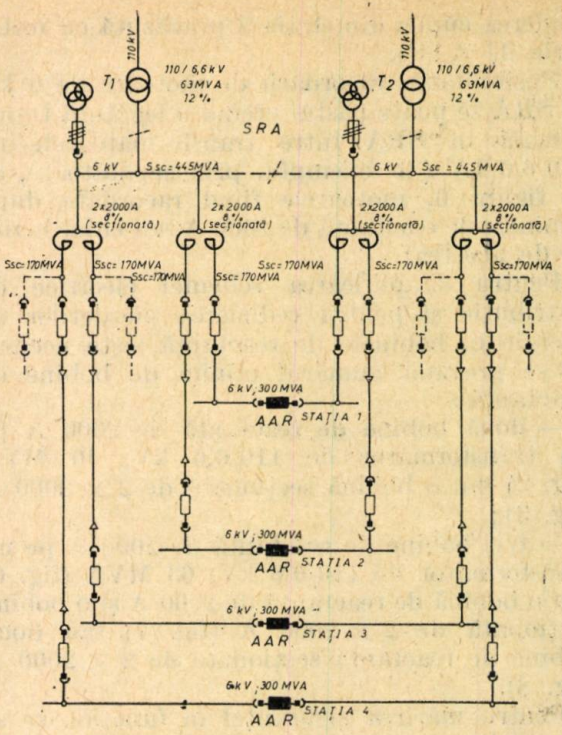


Fig. 8

Avînd în vedere existenţa celei de-a doua căi de alimentare pentru staţiile de 6 kV din aval şi fiabilitatea ridicată a bobinelor de reactanţă, soluţia cu două întrerupătoare pe o bobină de reactanţă este, în general, acceptabilă.

Pentru măsurarea tensiunii la bornele de 6 kV ale transformatoarelor de 110/6,6 kV se prevăd transformatoare de tensiune asigurate cu siguranţe fuzibile şi montate într-o celulă prefabricată (pe cărucior debroşabil), ca în figurile 2, 3, 4, 6, 7, 8, sau cu montaj fix şi separator de izolare, ca în figura 5. Punctul de măsurare a tensiunii poate fi la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV (fig. 5) pentru cazurile în care este necesară sesizarea prezenţei tensiunii la bornele transformatorului de 110/6,6 kV (baretele de tensiune vor fi alimentate prin contactele auxiliare ale separatoarelor) sau poate fi la bornele amonte ale bobinelor de reactanţă, ca în figurile 2, 3, 4, 6, 7, 8. Baretele de tensiune aferente celor două transformatoare de 110/6,6 kV vor putea fi puse în paralel prin contactele auxiliare ale legăturii transversale, dacă aceasta există.

În cazul în care una dintre staţiile de 6 kV alimentate prin bobine de reactanţă, se amplasează la SRA (în aceeaşi încăpere), nu sînt necesare două întrerupătoare pe fider (de exemplu staţia *1* în figurile 4, 5, 6, 7, 8). În ceea ce priveşte protecţia prin relee a circuitelor din SRA, sînt de menţionat următoarele:

— fiderii de 6 kV racordaţi după bobinele de reactanţă vor avea o protecţie de bază (ra-

pidă) care poate fi o protecție diferențială longitudinală sau o protecție comparativă rapidă [3];

— transformatorul de 110/6,6 kV va avea o protecție de bază;

— de regulă, protecția diferențială longitudinală — care poate include și bobinele de reactanță (mai ales în schemele din figurile 2, 3, 4 5) sau, dacă protejează numai transformatorul de 110/6,6 kV (se montează transformatoare de curent la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV chiar dacă nu este prevăzut întrerupător de 6 kV pentru transformator), pentru bobinele de reactanță se poate utiliza o protecție comparativă rapidă, similară cu protecția comparativă a barelor prezentată în [4], avînd acțiune de declanșare asupra întrerupătorului de 110 kV al transformatorului de 110/6,6 kV.

La alegerea transformatoarelor de 110/6, 6 kV și a bobinelor de reactanță trebuie avute în vedere și următoarele:

— puterea de scurtcircuit după bobinele de reactanță să fie mai mică de 300 MVA;

— la scurtcircuite, după bobinele de reactanță, tensiunile remanente în amonte de bobinele de reactanță să fie cît mai mari (de preferat cel puțin 0,7 U_n) pentru a perturba cît mai puțin (sau deloc) ceilalți consumatori;

— puterile de scurtcircuit pe barele la care sînt racordați consumatori ce autopornesc după goluri de tensiune să fie suficient de mari (pentru a avea o tensiune remanentă pe bare de 0,8 U_n în regim de autopornire, raportul dintre puterea de scurtcircuit pe bara respectivă și puterea nominală totală a consumatorilor ce autopornesc trebuie să fie 20—24 [1]).

În continuare se vor prezenta cîteva calcule de scurtcircuit. Deoarece între generatoarele sistemului energetic național și transformatoarele de 110/6,6 kV este interpusă o reactanță suficient de mare, variația reactanțelor generatoarelor în timpul scurtcircuitelor nu este necesar să fie luată în considerare și nu este necesară utilizarea curbelor de decrement care implică utilizarea unităților relative în calculul curenților de scurtcircuit. De aceea calculele ce urmează vor fi efectuate în unități absolute. De apt, formulele utilizate sînt valabile și pentru azul în care variază în timp reactanțele parurse de curenții de scurtcircuit, considerînd entru fiecare moment valorile corespunzătoare ale reactanțelor respective.

. Aplicarea teoremei generatorului de tensiune echivalent (Thévenin) în caz de scurtcircuit

Conform teoremei generatorului de tensiune echivalent (Thévenin), curentul de scurtcircuit ste dat de tensiunea în punctul de scurtcircuit les pentru calcul (în figura 9, punctele $K1$, 2, $K3$) înainte de apariția scurtcircuitului și

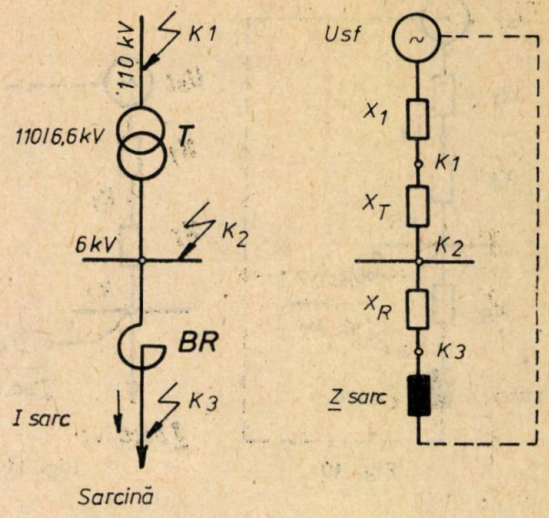


Fig. 9

U_{sf} – tensiunea pe fază a sursei echivalente sistemului electroenergetic național; X_1 – reactanța echivalentă pînă la bornele de 110 kV de transformatorul de 110/6,6 kV; X_T – reactanța transformatorului de 110/6,6kV; X_R – reactanța bobinei de reactanță; $\underline{Z}_{sarc}$ – impedanța echivalentă a sarcinii.

de reactanța echivalentă parcursă de curentul de scurtcircuit. Luînd ca exemplu punctul de scurtcircuit $K2$, tensiunea $\underline{U}_{isc\,K2}$ în punctul $K2$ înainte de scurtcircuit este determinată de tensiunea U_{sf} (luată ca origine de fază) a sursei echivalente sistemului electroenergetic național și de curentul de sarcină $\underline{I}_{sarc}$, astfel (fig. 10):

$$\underline{U}_{isc\,K2} = U_{sf} - j\,(X_1 + X_T)\,\underline{I}_{sarc} \qquad (1)$$

Reactanța echivalentă de scurtcircuit (văzută de la bornele $a - b$) constă din impedanța $j(X_1 + X_T)$ în paralel cu impedanța $(j\,X_R + \underline{Z}_{sarc})$. Curentul de scurtcircuit $\underline{I}_{sc\,K2}$ în punctul $K2$ rezultă

$$\underline{I}_{sc\,K2} = \frac{\underline{U}_{isc\,K2}}{j(X_1 + X_T)} + \frac{\underline{U}_{isc\,K2}}{jX_R + \underline{Z}_{sarc}} \qquad (2)$$

Avînd în vedere că

$$\underline{I}_{sarc} = \frac{\underline{U}_{isc\,K2}}{jX_R + \underline{Z}_{sarc}} \qquad (3)$$

și ținînd seama de relația (1), relația (2) devine:

$$\underline{I}_{sc\,K2} = \frac{U_{sf}}{j(X_1 + X_T)} \qquad (4)$$

Relația (4) poate fi stabilită și cu ajutorul figurii 11, în care, față de figura 10, a fost eliminată partea de schemă (X_R și $\underline{Z}_{sarc}$) suntată la scurtcircuit în $K2$. În schema din figura 11, înaintea scurtcircuitului nu există curent de sarcină (sarcina este eliminată din schemă) și tensiunea în punctul $K2$ este egală cu tensiunea sursei U_{sf}.

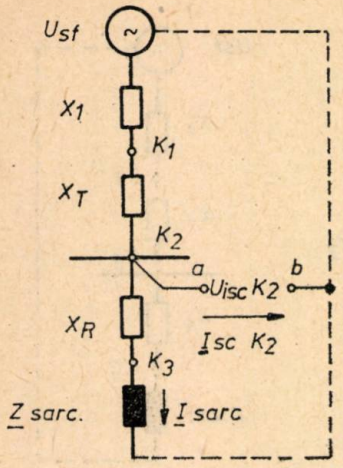


Fig. 10

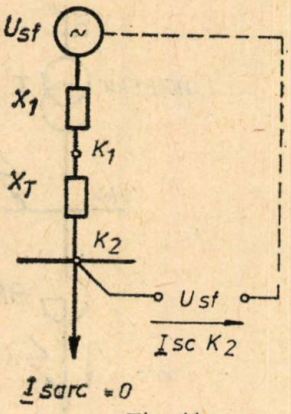


Fig. 11

Prin urmare, pentru calculul curenţilor de scurtcircuit, teorema lui Thévenin se poate aplica pe o schemă simplificată prin eliminarea din schema iniţială a părţii şuntate de scurtcircuit. Acest rezultat este aplicat curent în practică, dar fără a fi demonstrat riguros.

Pentru cazul general demonstraţia este dată în continuare.

Se consideră un sistem electric cu $n + 1$ noduri (0, 1, 2 ... n), reprezentat în figura 12

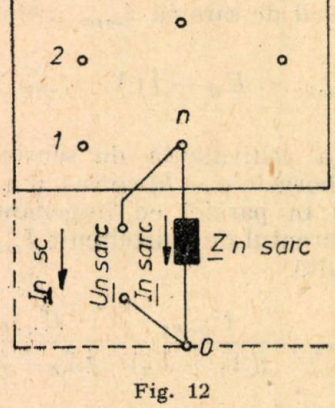


Fig. 12

(schema echivalentă pe fază), la care urmează să se calculeze curentul $\underline{I}_{n\,sc}$ de scurtcircuit între nodurile $n - 0$, care şuntează impedanţa $\underline{Z}_{n\,sarc}$ ce absoarbe curentul $\underline{I}_{n\,sarc}$ în absenţa scurtcircuitului.

Din aplicarea teoremei lui Thévenin rezultă relaţiile :

$$\underline{I}_{n\,sarc} = \frac{\underline{U}_{ng}}{\underline{Z}_{nsarc} + \underline{Z}_{ns}}, \qquad (5)$$

în care

$\underline{U}_{ng}$ este tensiunea între nodurile $n - 0$ în gol (în lipsa impedanţei $\underline{Z}_{n\,sarc}$);

$\underline{Z}_{ns}$ — impedanţa echivalentă a sistemului electric faţă de nodurile $n - 0$ în lipsa impedanţei $\underline{Z}_{n\,sarc}$.

$$\underline{U}_{n\,sarc} = \underline{I}_{n\,sarc} \cdot \underline{Z}_{n\,sarc}, \qquad (6)$$

în care

$\underline{U}_{n\,sarc}$ este tensiunea între nodurile $n - 0$ în sarcină (cu impedanţa $\underline{Z}_{n\,sarc}$).

$$\underline{I}_{n\,sc} = \frac{\underline{U}_{n\,sarc}}{\underline{Z}_{ns}} + \frac{\underline{U}_{n\,sarc}}{\underline{Z}_{n\,sarc}}, \qquad (7$$

deoarece impedanţa echivalentă de scurtcircui este impedanţa $\underline{Z}_{ns}$ în paralel cu impedanţa $\underline{Z}_{n\,sar}$

Ţinînd seama de relaţiile (5) şi (6), relaţia (7 devine :

$$\underline{I}_{n\,sc} = \frac{\underline{U}_{ng}}{\underline{Z}_{ns}} \qquad (8$$

Relaţia (8) corespunde aplicării teoremei lu Thévenin unei scheme simplificate ce rezult prin eliminarea impedanţei $\underline{Z}_{n\,sarc}$ din schem din figura 12 (în timpul scurtcircuitului impe danţa $\underline{Z}_{n\,sarc}$ este şuntată).

Avînd în vedere că în reţelele de 6 kV şi d 0,4 kV tensiunea variază cu $\pm 5\%$ în juru valorii nominale, U_n, tensiunea în gol, U_s din relaţia (4) sau U_{ng} din relaţia (8) poate considerată egală cu $1{,}05\,\frac{U_n}{\sqrt{3}}$ (mai ales dac se urmăreşte calculul puterilor de scurtcircu maxime).

3. Cîteva formule pentru calcule de scur circuit

În cele ce urmează se vor stabili cîteva fo mule mai uşor de aplicat. Astfel, puterea d scurtcircuit după transformator, considerîn numai reactanţa transformatorului (adică rea tanţa în amonte nulă, respectiv puterea d scurtcircuit în amonte infinită) este dată d relaţia :

$$S_{sc\,2\infty} = \frac{S_{nT}}{u_{scT}} = \frac{\sqrt{3}\,U_{nT}\,I_{nT}}{u_{scT}} = \frac{U_{nT}^2}{X_T}, \qquad (9$$

în care

S_{nT} este puterea nominală a transformator lui T, MVA;

u_{scT} — tensiunea de scurtcircuit a transfo matorului T, u.r.;

U_{nT} — tensiunea nominală a transform torului T, kV;

I_{nT} — curentul nominal al transformator lui T, kA.

Relaţia (9) este stabilită în ipoteza :

$$U_s = \sqrt{3}\,U_{sf} = U_{nT}, \qquad (1$$

care este adevărată cu bună aproximație (tensiunea nominală a transformatorului U_{nT} este mai mare cu 5—10% decît tensiunea nominală U_n a rețelei de 6 kV).

Puterea de scurtcircuit după bobina de reactanță, considerînd numai reactanța acesteia (adică reactanța în amonte nulă, respectiv puterea de scurtcircuit în amonte infinită), este dată de relația:

$$S_{sc3\infty} = \frac{\sqrt{3}\, U_{nR}\, I_{nR}}{\varepsilon_R}, \tag{11}$$

în care

U_{nR} este tensiunea nominală a bobinei de reactanță;

I_{nR} — curentul nominal al bobinei de reactanță;

ε_R — reactanța relativă nominală a bobinei de reactanță.

Relația (11) este stabilită în ipoteza:

$$U_s = U_{nR}, \tag{12}$$

care este adevărată cu bună aproximație.

Puterea de scurtcircuit la bornele de 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV (punctul $K1$) este dată de relația:

$$S_{sc1} = \frac{U_s^2}{X_1} \tag{13}$$

Relațiile (9) și (11) sînt acoperitoare (rezultă puteri de scurtcircuit mai mari), dar cu o eroare apreciabilă, deoarece nu țin seama de reactanța din amonte. Corecția necesară poate fi realizată cu ajutorul unei formule stabilite în cele ce urmează.

Puterea de scurtcircuit în punctul $K1$ din schema din figura 13 este dată de relația (13). Neglijînd reactanța X_1 ($X_1 = 0$), puterea de scurtcircuit $S_{sc2\infty}$ în punctul $K2$ este dată de relația:

$$S_{sc2\infty} = \frac{U_s^2}{X_2} \tag{14}$$

Puterea de scurtcircuit S_{sc2} în punctul $K2$ este dată de relația:

$$S_{sc2} = \frac{U_s^2}{X_1 + X_2} \tag{15}$$

Din relațiile (13), (14) și (15) rezultă:

$$X_1 + X_2 = \frac{U_s^2}{S_{sc2}} = \frac{U_s^2}{S_{sc1}} + \frac{U_s^2}{S_{sc_2\infty}}, \tag{16}$$

de unde

$$\frac{1}{S_{sc2}} = \frac{1}{S_{sc1}} + \frac{1}{S_{sc2\infty}} \tag{17}$$

De remarcat că relația (17) nu depinde de valoarea U_s, dar puterile de scurtcircuit trebuie calculate cu aceeași valoare U_s.

În continuare se va stabili o relație de calcul al tensiunilor remanente în puncte din amonte de locul scurtcircuitului, în cazul unei rețele electrice radiale. Astfel, în schema echivalentă din figura 13, tensiunea remanentă, U_{rem12}, în

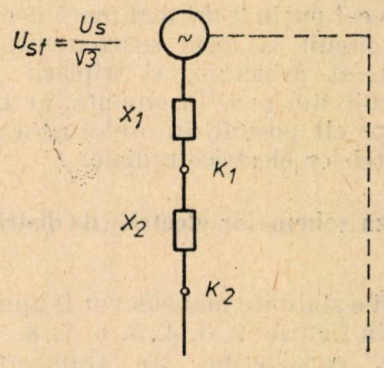


Fig. 13

punctul $K1$, la scurtcircuit trifazat în punctul $K2$, este dată de relația:

$$U_{rem12} = U_s \frac{X_2}{X_1 + X_2} = U_s \left(1 - \frac{X_1}{X_1 + X_2}\right) \tag{18}$$

Ținînd seama de relațiile (13), (14) și (15), tensiunea U_{rem12} se poate exprima astfel:

$$U_{rem12} = U_s \frac{S_{sc2}}{S_{sc2\infty}} \approx 1{,}05\, U_n \frac{S_{sc2}}{S_{sc2\infty}} \tag{19}$$

sau

$$U_{rem12} = U_s \left(1 - \frac{S_{sc2}}{S_{sc1}}\right) \approx 1{,}05\, U_n \left(1 - \frac{S_{sc2}}{S_{sc1}}\right) \tag{20}$$

Pentru obținerea unei tensiuni remanente $U_{rem12} = 0{,}7\, U_n$ și ținînd seama că $U_s = 1{,}05\, U_n$, din relația (20) rezultă:

$$\frac{S_{sc1}}{S_{sc2}} = 3 \tag{21}$$

În general, se poate considera că la tensiuni mai mari de $0{,}7\, U_n$ — avînd în vedere și durata mică a scurtcircuitelor (în general pînă la 3 s) — consumatorii nu sînt perturbați în mod sensibil,

deoarece nu declanşează contactoarele de joasă tensiune care au bobina alimentată la tensiunea de pe barele de joasă tensiune, iar cuplul motor maxim al motoarelor asincrone nu scade sub cuplul nominal (adică cuplul motor maxim rămîne mai mare decît cuplul rezistent şi motorul este frînat cel mult pînă la alunecarea critică, care este de 0,06—0,1).

Relaţia (21) arată că într-o reţea electrică radială, la un scurtcircuit într-un punct al reţelei, pentru obţinerea unei tensiuni remanente în timpul scurtcircuitului de cel puţin 0,7 U_n într-un punct din amonte, este necesar ca puterea de scurtcircuit în punctul din amonte să fie de cel puţin 3 ori mai mare decît puterea de scurtcircuit la locul scurtcircuitului considerat. Acest principiu, al triplării puterii de scurtcircuit din aval în amonte, ar trebui respectat (pe cît posibil) în proiectarea şi exploatarea reţelelor electrice radiale.

4. Analiza schemelor electrice de distribuţie prezentate

Relaţiile stabilite mai sus vor fi aplicate schemelor din figurile 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Astfel, considerînd un transformator de 110/6,6 kV avînd $S_{nT} = 40$ MVA, $u_{scT} = 12\%$, rezultă puterea de scurtcircuit $S_{sc_2\infty}$ la bornele de 6 kV, considerînd infinită puterea de scurtcircuit la bornele de 110 kV ale transformatorului:

$$S_{cs2} = \frac{S_{nT}}{u_{scT}} = \frac{40}{0{,}12} = 334 \text{ MVA} \qquad (22)$$

Considerînd puterea de scurtcircuit la bornele de 110 kV $S_{sc1} = 3000$ MVA, rezultă puterea de scurtcircuit S_{sc2} la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV:

$$\frac{1}{S_{sc2}} = \frac{1}{S_{sc1}} + \frac{1}{S_{sc2\infty}} = \frac{1}{3\,000} + \frac{1}{334}, \qquad (23)$$

de unde:

$$S_{sc2} = 300 \text{ MVA} \qquad (24)$$

La puterea de scurtcircuit de 300 MVA, puterea sarcinii care poate autoporni pe un transformator de 110/6,6 kV, 40 MVA este de circa 15 MVA (în regim normal de funcţionare, transformatorul este încărcat la cel mult 20 MVA, deci rezultă o încărcare destul de bună a transformatorului cu sarcină care autoporneşte)

Puterea de scurtcircuit de 300 MVA fiind chiar la limita la care sînt dimensionate celulele prefabricate de 6 kV de tip CII, utilizarea bobinelor de reactanţă este justificată. Alte avantaje ale utilizării bobinelor de reactanţă sînt prezentate în [5].

Puterea de scurtcircuit $S_{sc3\infty}$ după bobin de reactanţă de 2000 A, 6%, neglijînd reactaı ţa din amonte, este:

$$S_{sc3\infty} = \frac{\sqrt{3}\, U_{nR} \cdot I_{nR}}{\varepsilon_R} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6{,}3 \cdot 2}{0{,}06} = 362 \text{ MV}$$

(2

Puterea de scurtcircuit S_{sc3} după bobina reactanţă este dată de relaţia:

$$\frac{1}{S_{sc3}} = \frac{1}{S_{sc2}} + \frac{1}{S_{sc3\infty}} = \frac{1}{300} + \frac{1}{362}, \qquad (2$$

de unde

$$S_{sc3} = 164 \text{ MVA} \qquad (2$$

La această valoare a puterii de scurtcircu puterea sarcinii care poate autoporni se ridi la circa 8 MVA, în timp ce, în regim norm de funcţionare, bobina de reactanţă de 2000 este încărcată la cel mult 10 MVA (deci o încă care bună cu sarcină care autoporneşte).

Aplicînd relaţia (19) sau (20), se obţine:

— tensiunea remanentă U_{rem23} la bornele 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 k 40 MVA, la scurtcircuit după bobina de rea tanţă de 2000 A, 6%, este:

$$U_{rem23} = 1{,}05\, U_n \frac{S_{sc3}}{S_{sc3\infty}} = 1{,}05\, U_n \frac{164}{362} =$$

$$= 0{,}475\, U_n, \qquad (2$$

sau

$$U_{rem23} = 1{,}05\, U_n \left(1 - \frac{S_{sc3}}{S_{sc2}}\right) = 1{,}05\, U_n \cdot$$

$$\cdot \left(1 - \frac{164}{300}\right) = 0{,}475\, U_n \qquad (3$$

— tensiunea remanentă U_{rem13} la bornele 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 40 MVA, la scurtcircuit după bobina de re tanţă de 2000 A, 6%, este:

$$U_{rem13} = 1{,}05\, U_n \left(1 - \frac{S_{sc3}}{S_{sc1}}\right) = 1{,}05\, U_n \cdot$$

$$\cdot \left(1 - \frac{164}{3\,000}\right) = 0{,}99\, U_n \qquad (3$$

— tensiunea remanentă U_{rem12} la bornele 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 k

40 MVA, la scurtcircuit la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV este:

$$U_{rem\,12} = 1{,}05\ U_n \left(1 - \frac{S_{sc\,2}}{S_{sc\,1}}\right) = 1{,}05 \cdot U_n \cdot \cdot \left(1 - \frac{300}{3\,000}\right) = 0{,}945\ U_n \tag{31}$$

Din relaţiile (28), (29), (30) şi (31) rezultă că scurtcircuitele din reţeaua de 6 kV nu sînt resimţite în reţeaua de 110 kV (tensiunea remanentă în reţeaua de 110 kV la scurtcircuite în reţeaua de 6 kV este mai mare de 0,7 U_n), dar sînt resimţite în reţeaua de 6 kV alimentată de la acelaşi transformator de 110/6,6 kV ($U_{rem\,23} = 0{,}475.\ U_n < 0{,}7\ U_n$), ceea ce face necesară utilizarea protecţiilor prin relee rapide pe toate circuitele de 6 kV (perturbaţia produsă consumatorilor este mai mică dacă durata scurtcircuitului este mai mică).

Dacă se consideră un scurtcircuit după o ramură de bobină de reactanţă secţionată de 2000 A, 8%, rezultă:

$$S'_{sc3\infty} = \frac{\sqrt{3}\ U_{nR} \cdot I_{nR}}{\varepsilon_R} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6{,}3 \cdot 2}{0{,}08} = 274\ \text{MVA} \tag{32}$$

$$\frac{1}{S'_{sc3}} = \frac{1}{S_{sc2}} + \frac{1}{S'_{sc3\infty}} = \frac{1}{300} + \frac{1}{274}, \tag{33}$$

de unde

$$S'_{sc3} = 143\ \text{MVA} \tag{34}$$

Utilizarea bobinelor de reactanţă secţionate prezintă următoarele avantaje:

— reducerea spaţiului construit pentru bobinele de reactanţă;

— simplificarea circuitelor primare;

— reducerea căderilor de tensiune în ambele ramuri ale bobinei de reactanţă secţionate (mai ales dacă sînt încărcate cu sarcini aproximativ egale), datorită anihilării parţiale reciproce a fluxurilor magnetice care creează tensiunile electromotoare de inducţie ce reprezintă componentele reactive ale căderilor de tensiune (atît în regim normal de funcţionare, cît şi în regim de autopornire după goluri de tensiune);

— îmbunătăţirea tensiunii remanente după una dintre ramurile bobinei de reactanţă secţionate la scurtcircuit după cealaltă (faţă de tensiunea remanentă la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV) datorită fluxului magnetic mutual al ramurilor bobinelor de reactanţă secţionate.

Astfel, la scurtcircuit după una din ramurile bobinei de reactanţă secţionate, tensiunea remanentă $U'_{rem\,23}$ la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV se poate calcula cu relaţia (19) sau (20) şi tensiunea remanentă după cealaltă ramură a bobinei de reactanţă secţionate, cu relaţia:

$$U'_{rem\,33} = (1 + k_c)\ U_s \frac{S'_{sc3}}{S'_{sc3\infty}} \approx 1{,}05\ U_n \cdot (1 + k_c) \frac{S'_{sc3}}{S'_{sc3\infty}} \tag{35}$$

sau

$$U'_{rem\,33} = (1 + k_c)\ U_s \left(1 - \frac{S'_{sc3}}{S_{sc2}}\right) \approx \approx 1{,}05\ U_n (1 + k_c) \left(1 - \frac{S'_{sc3}}{S_{sc2}}\right), \tag{36}$$

în care k_c este coeficientul de legătură al bobinei de reactanţă secţionate [6].

Pentru $k_c = 0{,}5$ se obţine:

$$U'_{rem\,33} = (1 + k_c)\ U'_{rem\,23} = 1{,}5\ U'_{rem\,23} \tag{37}$$

Ţinînd seama de relaţiile (32) şi (34), se obţine:

$$U'_{rem\,23} = 1{,}05\ U_n \frac{S'_{sc3}}{S'_{sc3\infty}} = 1{,}05\ U_n \frac{143}{274} = 0{,}55\ U_n \tag{38}$$

$$U'_{rem33} = 1{,}5\ U'_{rem23} = 1{,}5 \cdot 0{,}55\ U_n = 0{,}825\ U_n \tag{39}$$

Deoarece U'_{rem33} este mai mare de 0,7 U_n, scurtcircuitele după o ramură de bobină de reactanţă secţionată nu sînt resimţite de consumatorii racordaţi la cealaltă ramură din bobina de reactanţă secţionată.

Trebuie remarcat că utilizarea transformatoarelor de 110/6,6 kV, $S_{nT} = 40$ MVA, $u_{scT} = 17\%$ permite renunţarea la bobinele de reactanţă, deoarece puterea de scurtcircuit la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV se reduce la 220 MVA (avînd o putere de scurtcircuit de 3000 MVA la bornele de 110 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV), dar cu dezavantaje:

— creşterea preţului transformatorului de 110/6,6 kV, datorită creşterii tensiunii de scurtcircuit de la 12 la 17%;

— reducerea la circa 11 MVA a puterii sarcinii care poate autoporni pe un transformator de 110/6,6 kV după goluri de tensiune;

— la un scurtcircuit în reţeaua de 6 kV, tensiunea scade practic la zero în toată reţeaua de 6 kV alimentată de la acelaşi transformator de 110/6,6 kV.

Tabelul 1

S_{nT}, MVA	u_{scT}, %	S_{sc1}, MVA	S_{sc2}, MVA	S_{sc3}, MVA	S'_{sc3}, MVA	U_{rem12}, kV	U_{rem13}, kV	U_{rem23}, kV	U'_{rem13}, kV	U'_{rem23}, kV	U'_{rem33}, kV
40	12	3000	300	164	143	0,945 U_n	0,99 U_n	0,475 U_n	0,999 U_n	0,55 U_n	0,825 U_n
63	12	3000	445	200	170	0,895 U_n	0,975 U_n	0,578 U_n	0,99 U_n	0,648 U_n	0,967 U_n

În cazul utilizării transformatoarelor de 110/6,6 kV, $S_{nT} = 63$ MVA, $u_{scT} = 12\%$ (fig. 6, 7, 8), considerînd puterea de scurtcircuit la bornele de 110 kV $S_{sc1} = 3000$ MVA, rezultă puterea de scurtcircuit S_{sc2} la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV:

$$S_{sc2} = 445 \text{ MVA} \qquad (40)$$

La puterea de scurtcircuit de 445 MVA, puterea sarcinii care poate autoporni pe un transformator de 110/6,6 kV, 63 MVA este de circa 23 MVA, în regim normal de funcţionare transformatorul fiind încărcat la circa 30 MVA (deci o încărcare bună a transformatorului cu sarcină care autoporneşte).

Puterea de scurtcircuit S_{sc3} după bobina de reactanţă de 2000 A, 6%, este:

$$S_{sc3} = 200 \text{ MVA} \qquad (41)$$

La această valoare a puterii de scurtcircuit, puterea sarcinii care poate autoporni se ridică la circa 10 MVA, bobina de reactanţă de 2000 A, 6%, fiind încărcată în regim normal de funcţionare la circa 10 MVA (deci o încărcare foarte bună a bobinei de reactanţă cu sarcină care autoporneşte).

Puterea de scurtcircuit S'_{sc3} după o ramură a bobinei de reactanţă secţionată de 2000 A, 8%, este:

$$S'_{sc3} = 170 \text{ MVA} \qquad (42)$$

Aplicînd relaţia (19) sau (20), se obţin tensiunile remanente în caz de scurtcircuit, prezentate sintetic în tabelul 1.

Din tabelul 1 (rîndul 2) rezultă:

— scurtcircuitele în reţeaua de 6 kV nu sînt resimţite în reţeaua de 110 kV (tensiunile remanente sînt de cel puţin 0,895 U_n, deci mai mari de 0,7 U_n);

— tensiunile remanente la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV, 63 MVA, la scurtcircuite după bobinele de reactanţă nu ating 0,7 U_n, dar sînt destul de mari (perturbaţia produsă consumatorilor este mai mică);

— avantajul bobinelor de reactanţă secţionate este remarcabil: $U'_{rem33} = 0{,}967\ U_n$.

Utilizarea transformatoarelor de 110/6,6 kV, $S_{nT} = 63$ MVA, $u_{scT} = 17\%$ nu este avantajoasă, deoarece:

— puterea de scurtcircuit la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,6 kV, 63 MVA, fiind de 330 MVA, bobinele de reactanţă nu pot fi eliminate;

— creşte preţul transformatorului de 110/6,6 kV, 63 MVA, datorită creşterii tensiunii de scurtcircuit de la 12 la 17%;

— scad tensiunile remanente în reţeaua de 6 kV la scurtcircuite după bobinele de reactanţă;

— se reduce la circa 17 MVA puterea sarcinii care poate autoporni pe un transformator de 110/6,6 kV, 63 MVA.

Concluzii

Schemele electrice de distribuţie prezentate permit:

— simplificarea circuitelor primare de 6 kV prin eliminarea barelor colectoare, a separatoarelor de bare şi, după caz, a cuplelor transversale şi longitudinală, a întrerupătoarelor şi separatoarelor de 6 kV ale transformatoarelor de 110/6,6 kV;

— simplificarea circuitelor primare de 6 kV prin realizarea numărului minim de bobine de reactanţă şi de bobine de reactanţă secţionate;

— simplificarea construcţiei (clădirii) staţiei de 110/6 kV;

— reducerea substanţială a investiţiei în staţia de 110/6 kV: cu circa 100 000 lei/celulă pentru barele colectoare şi separatoarele de bare, la care se adaugă costul întrerupătoarelor la care se renunţă (faţă de schema din figura 1 reducerea investiţiei este de 40—60%);

— îmbunătăţirea tensiunilor remanente la scurtcircuit în reţeaua de 6 kV, datorită utilizării bobinelor de reactanţă (şi, în special, a celor secţionate) şi a transformatoarelor de 110/6,6 kV cu tensiune de scurtcircuit medie (nu mărită);

— reducerea căderilor de tensiune în regim normal de funcţionare şi în regim de autopornire a motoarelor electrice după goluri de tensiune, datorită utilizării bobinelor de reactanţă secţionate şi a bobinelor de reactanţă nesecţionate cu curent nominal mare (2000 A) și reactanţă relativă mică (6%); în acest sens ar fi avantajoasă fabricarea bobinelor de reactanţă de 2000 A, 4% şi a bobinelor de reactanţă secţionate de 2 × 2000 A, 6% (chiar 4%);

— încărcarea bună a bobinelor de reactanță și a transformatoarelor de 110/6,6 kV cu sarcină care autopornește după goluri de tensiune;

— obținerea unor puteri de scurtcircuit optime (150—200 MVA) după bobinele de reactanță, adică la bornele receptoarelor de 6 kV;

— reducerea pierderilor de putere activă și reactivă în circuitele primare de 6 kV;

— simplificarea exploatării stației de 110/6 kV (eventual reducerea personalului de exploatare).

Bibliografie

[1] Covar, E. *Metodă de calcul al tensiunilor pe bare în regim de autopornire a motoarelor electrice după goluri de tensiune.* În : Energetica, nr. 7, 1976.

[2] Albert, H. și Florea, I. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.* Editura tehnică, București, 1978.

[3] Covar, E. *Protecție comparativă rapidă împotriva scurtcircuitelor din rețelele electrice.* În : Energetica, nr. 10, 1978.

[4] Covar, E. *Protecție rapidă a barelor colectoare ale stațiilor electrice împotriva scurtcircuitelor.* Al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor electrice", Iași, 18—19 octombrie 1979.

[5] Covar, E. *Influența bobinelor de reactanță asupra condițiilor de alimentare cu energie electrică și de autopornire a motoarelor electrice.* În : Energetica, nr. 8, 1976.

[6] Nitu, V. I. ș.a. *Instalațiile electrice ale centralelor și stațiilor.* Editura tehnică, București, 1972.

(Articol intrat în redacție la 8 iulie 1980)

Considerații cu privire la comportarea bateriilor de condensatoare-șunt pentru compensarea puterii reactive în stațiile de transformare de 110 kV/MT ce alimentează consumatori deformanți

Ing. R. Sfichi*)

. Considerații generale

Utilizarea bateriilor de condensatoare drept urse specializate de putere reactivă, pentru meliorarea factorului de putere, inclusiv la ensiunea medie (6, 10 sau 20 kV), a devenit n ultimul timp, atît pe plan mondial cît și în ara noastră, o metodă foarte răspîndită.

Aceasta, deoarece, comparativ cu alte metode e implică fonduri de investiții pentru compenarea puterii reactive, compensarea cu ajutorul ateriilor de condensatoare are avantajul de a i metoda cea mai ieftină, la îndemîna oricărei ntreprinderi furnizoare de energie electrică sau onsumator.

Printre problemele deosebite care se pun în gătură cu proiectarea și exploatarea bateriilor e condensatoare un loc important îl ocupă ceea referitoare la efectele regimului deformant asupra condensatoarelor.

Într-adevăr, așa cum se știe, condensatorul onstituie un element deformant de speța a oua [1], caracterizat prin aceea că, într-un regim periodic nesinusoidal, înrăutățește caracterul deformant al regimului.

Astfel, dacă unui condensator liniar, considerat pentru simplificare fără pierderi, i se aplică la borne o tensiune periodică, alternativă, nesinusoidală de forma

$$u(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{2}\, U_k \sin (k\omega t + \gamma_{uk}), \qquad (1)$$

curentul, de regim permanent, ce se stabilește în circuit este

$$i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{2}\, I_k \sin (k\omega t + \gamma_{ik}), \qquad (2)$$

în care :

$$\gamma_{ik} = \gamma_{uk} + \frac{\pi}{2}; \quad I_k = Y_k\, U_k = \\ = k\,\omega\, C\, U_k; \quad Y_k = k\,\omega\, C \qquad (3)$$

Din (3) reiese că un condensator accentuează gradul de deformare al curentului în raport cu cel al tensiunii, deoarece admitanța Y_k crește cu rangul k al armonicilor.

Ca urmare a acestui lucru, coeficientul de distorsiune al curentului este mai mare decît cel al tensiunii ($\delta_I > \delta_U$).

Într-adevăr

$$\delta_I = \left[\frac{\sum_{k=2}^{\infty} (k\, U_k)^2}{\sum_{k=1}^{\infty} (k\, U_k)^2}\right]^{1/2} > \delta_U = \left(\frac{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2}\right)^{1/2} \qquad (4)$$

*) Romulus Sfichi este inginer proiectant principal grad. I, IRE Suceava.

Între aceşti coeficienţi se poate stabili cu uşurinţă o relaţie de forma

$$\delta_I = \delta_U \left[\frac{m}{1 + \delta_U^2 (m-1)}\right]^{1/2};$$

$$m = \frac{\sum_{k=2}^{\infty} (k\ U_k)^2}{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2} \qquad (5)$$

Condensatorul furnizează putere reactivă pe toate armonicile

$$Q_C = \omega C \sum_{k=1}^{\infty} k\ U_k^2 \qquad (6)$$

şi, chiar în situaţia condensatorului cu pierderi neglijabile, puterea deformantă este diferită de zero ($D \neq 0$).

Amplificarea regimului deformant, precum şi posibilitatea apariţiei fenomenului de rezonanţă armonică în cazul în care bateria de condensatoare constituie împreună cu reactanţa echivalentă a reţelei de alimentare un circuit rezonant (serie sau paralel) pentru o frecvenţă vecină cu cea a anumitor armonici, duce la supraîncărcarea şi supratensionarea în regim de durată a bateriei.

De aceea exploatarea bateriilor de condensatoare implică, periodic, controlul parametrilor caracteristici ai regimului deformant pe bara pe care sînt montate, spre a putea lua măsuri preventive de înlăturare a pericolului de deteriorare a condensatoarelor.

Aceasta, ca urmare a proliferării în sistemul electroenergetic a receptoarelor cu caracteristică neliniară care generează armonici superioare de tensiune şi, în mod deosebit, de curent.

2. Supraîncărcarea de durată a bateriilor de condensatoare ca urmare a efectului de amplificare a regimului deformant

Această supraîncărcare a bateriilor de condensatoare, în regim deformant, se datorează pe de o parte efectului de amplificare a armonicilor de curent de către condensatoare, iar pe de altă parte apariţiei posibile a fenomenului de rezonanţă armonică (de tensiune sau de curent).

Referindu-ne la prima cauză, este de reţinut că în regim deformant, curentul de lungă durată prin baterie, care rezultă prin suprapunerea curenţilor armonicilor superioare peste curentul fundamental, poate depăşi valoarea limită admisă de condensatoare.

Admitanţa condensatoarelor fiind proporţională cu frecvenţa, curenţii armonici pot avea valori importante, chiar atunci cînd valoarea efectivă a tensiunii (nesinusoidale) la born este menţinută în banda tensiunilor admisi bile.

Valoarea mare a curentului deformant ar drept urmare încălzirea condensatoarelor pri creşterea pierderilor dielectrice şi a pierderilo Joule în armături, conexiuni şi contacte [2

Suprasarcinile maxime admisibile în regi de durată la condensatoare, conform STA 7083-71, sînt :

$$I_{max} = 1{,}3\ I_n,\ U_{max} = 1{,}1\ U_n \text{ şi } Qc_{max} = 1{,}43\ Qc$$

(I_n, U_n şi Qc_n fiind valorile nominale ale curen tului, tensiunii şi puterii reactive).

Supraîncărcarea de durată a bateriilor d condensatoare-şunt trebuie considerată de atît ca intensitate de curent cît şi ca puter reactivă.

Pentru evitarea supraîncărcării bateriilor d condensatoare trebuie îndeplinite condiţiile [3]

$$\frac{I}{I_n} = \frac{f_1}{f_n}\frac{U}{U_n}\sqrt{1 + \sum_{k=2}^{\infty}(k^2-1)\left(\frac{U_k}{U}\right)^2} \leqslant 1{,}3$$

(

$$\frac{Q_C}{Qc_n} = \frac{f_1}{f_n}\left(\frac{U}{U_n}\right)^2\left[1 + \sum_{k=2}^{\infty}(k-1)\left(\frac{U_k}{U}\right)\right] \leqslant 1{,}43$$

(

în care

- U_k este valoarea eficace a armonicii de ra gul k a tensiunii ;
- U — valoarea eficace măsurată a te siunii ;
- f_1 — frecvenţa fundamentală a tensiu reţelei ;
- I — curentul rezultant (cu armonici) trece prin baterie ;
- U_n, I_n, Qc_n, f_n — mărimile caracteristice n minale ale condensatoar lor.

Evident că

$$\frac{U}{U_n} = \frac{\sqrt{U_1^2 + \sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}}{U_n} \leqslant 1{,}1 \qquad (7)$$

În situaţia în care $f_1 = f_n$ şi $U = U_n$ (ce ce practic poate avea loc) relaţiile (7) şi (8) simplifică în mod corespunzător. Aceste rela se simplifică şi mai mult pentru situaţia în ca se poate considera că tensiunea U conţine do o singură armonică (cu ponderea cea mai mar

i într-adevăr cercetări efectuate atît în țară 4], [5], [6] cît și peste hotare [3] au scos în videnţă faptul că un rol determinant, în legătură cu supraîncărcarea bateriilor de condensaoare-șunt montate în instalaţiile electronergetice, îl are armonica de rangul 5.

Aplicarea practică a acestor relaţii de vericare are scopul de a constata dacă bateria oate fi conectată (sau menţinută) în nodul espectiv de reţea fără a exista pericolul de upraîncărcare a acesteia.

Pe baza experienţei de folosire a acestor elaţii se constată că, în cazul prezenţei unui umăr mai mare de armonici, curentul prin aterie va creşte relativ mai mult decît puterea și că creșterea curentului produsă de armoicile superioare de rang mai mic încarcă batea mai mult (din punctul de vedere al puterii) ecît o creştere echivalentă a curentului prouşă de armonicile superioare de rang mai mare.

De aici rezultă posibilitatea acceptării ipozei că armonicile superioare de rangul cel ai mic care pot să apară în nodul de conecre a bateriei (armonica de rangul cinci) sînt terminante în legătură cu creșterea totală a rentului prin baterie.

Din aceeași cauză, de multe ori se acceptă ptul că în spectrul de armonici al tensiunii, n nodul de reţea în care urmează a se monta teria de condensatoare, există o unică armocă (în afara fundamentalei) și ca urmare rificarea la supraîncărcare de durată se face relaţii mai simple, ce rezultă prin particulazarea relaţiilor (7), (8) și (9).

Dacă în urma aplicării relaţiilor (7) și (8) se nstată o supraîncărcare a bateriei atît în ea ce privește puterea cît și în ceea ce privește rentul, există posibilitatea de a folosi în acel o baterie de tensiune nominală mai mare $U'_n > U_n$).

În această situaţie puterea bateriei de consatoare va fi :

$$Q'c_n = Qc_n \left(\frac{U'_n}{U_n} \right) \qquad (10)$$

Dacă se constată numai o supraîncărcare în a ce privește curentul, fără depășirea limide putere, utilizarea unei baterii de condenoare cu tensiunea nominală mai mare nu e indicată, deoarece în acest caz puterea e relativ mai redusă decît curentul.

n acest caz este necesar fie să se folosească aterie de curent nominal mai mare, fie să tilizeze o baterie de filtre de absorbţie acoră pe armonicile de cea mai mare pondere el dimensionată, încît să asigure și comsarea puterii reactive la locul de montaj [7].

a toate cele mai sus prezentate trebuie ugat și faptul că în regim de supracompensare (în regim capacitiv) bateria amplifică și mai mult fenomenul deformant.

În acest context trebuie să luăm în considerare faptul că ameliorarea factorului de putere cu ajutorul bateriilor de condensatoare pentru o reţea a cărei tensiune este nesinusoidală, într-un regim de supracompensare a puterii reactive, duce la un efect invers : înrăutăţirea factorului de putere.

Acest lucru se explică prin creşterea puterii deformante care influenţează defavorabil valoarea factorului de putere.

3. Fenomene de rezonanţă armonică în circuitul bateriilor de condensatoare

Fenomenul de rezonanţă armonică în circuitul bateriilor de condensatoare-șunt se poate manifesta atît prin rezonanţe de curenţi cît și prin rezonanţe de tensiuni.

De obicei rezonanţa de curenţi apare la frecvenţe mai joase (avînd rangurile $k = 5, 7, 11, 13$) și din această cauză efectele ei sînt mai periculoase.

Rezonanţa de tensiune se produce la frecvenţe mai înalte ($k = 30 \ldots 40$) așa, încît nu apar în astfel de regimuri spratensiuni periculoase la bornele bateriei.

În cazul bateriei de condensatoare conectată la barele de medie tensiune (MT) ale staţiilor de transformare de 110 kV/MT, armonicile de curent de rang 5, 7, 11 și 13 pot depăși, la producerea rezonanţei de curenţi, de 5—6 ori valorile lor din regimurile nerezonante.

O particularitate importantă a funcţionării bateriei de condensatoare în cazul considerat mai sus constă în faptul că la realizarea unui regim apropiat, de exemplu, de rezonanţă pe armonica 13, amplitudinile armonicilor de rang 11 și 17 sînt importante și trebuie luate în consideraţie.

În alte condiţii armonicile de rang $k > 13$ nu mai sînt luate în consideraţie.

Prevederile instrucţiunilor de proiectare din R.S.R. [2], [7], [8], [9] ca și literatura de specialitate indică unele măsuri de concepere și organizare a schemelor, astfel încît să se evite apariţia fenomenelor de rezonanţă armonică în circuitul bateriei de condensatoare-șunt.

În cele ce urmează vom aprofunda fenomenul de rezonanţă armonică ce poate să apară în circuitul bateriei de condensatoare montată pe barele de MT în staţiile de transformare de 110 kV/MT și vom prezenta o metodologie de analiză a acestui fenomen.

Schema de montaj, care implică conectarea bateriilor de condensatoare la barele de MT ale staţiilor de transformare de 110 kV/MT, este foarte răspîndită în instalaţiile IRE.

Problema prezintă un deosebit interes practic, cu atît mai mult cu cît în ţara noastră s-au semnalat mai multe cazuri de avariere a bate-

riilor de condensatoare-șunt, pentru compensarea puterii reactive, datorită supraîncărcării și supratensionării de durată prin rezonanță armonică [10].

În figura 1 se prezintă schema de principiu monofilară a unui nod de rețea în care la tensiunea medie (MT) sînt conectate receptoare deformante (RD), receptoare nedeformante, dar inductive (R_{ec}) și bateria de condensatoare (BC).

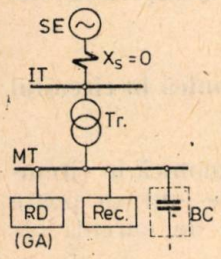
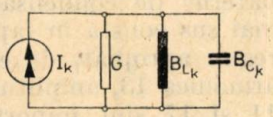


Fig. 1. Schema de principiu a unui nod de rețea cu receptoare deformante RD (GA), cu receptoare inductive (R_{ec}) și baterie de condensatoare (BC).

Schema corespunde situației în care pe barele de MT ale stațiilor de transformare de 110 kV/MT sînt conectate atît receptoare deformante cît și baterii de condensatoare. Receptoarele deformante sînt considerate ca generatoare de curent ideale ale armonicilor (GA) — ipoteză admisă pentru situația considerată.

Sistemul energetic (SE) este considerat de putere infinită și reactanță nulă. În aceste condiții, regimul de funcționare al rețelei reprezentate în figura 1 fiind considerat simetric, analiza în regim deformant poate fi efectuată pe o singură fază, utilizînd schema echivalentă reprezentată în figura 2, în care I_k reprezintă

Fig. 2. Schema echivalentă a nodului de rețea din figura 1 pentru armonica de rangul k al curentului.



armonica de curent de rang k produsă de generatorul ideal de curent echivalent receptoarelor deformante, G — conductanța echivalentă a receptoarelor, B_{L_k} susceptanța inductivă corespunzătoare armonicii de rang k, incluzînd atît receptoarele racordate la barele de MT cît și susceptanța de scurtcircuit a transformatorului T_r, Bc_k — susceptanța capacitivă, corespunzătoare armonicii de rang k, a bateriei de condensatoare.

În scopul stabilirii regimurilor de rezonanță paralel, posibile pe armonici de diferite ranguri, trebuie să se determine valorile parametrilor schemei echivalente din figura 2.

Conductanța echivalentă se determină în baza măsurătorilor experimentale ale factorului de putere natural ($\cos \varphi$), cu bateria de condensatoare deconectată de la bare:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{\sqrt{3}\, I \cos \varphi}{U}, \qquad (11)$$

în care I și U reprezintă valorile efective de linie ale curentului, respectiv tensiunii, iar φ — unghiul de defazaj dintre curentul și tensiunea de fază.

Susceptanța inductivă B_{Lk} rezultă ca sumă dintre susceptanța echivalentă a receptoarelor pe armonica de rang k(B_{Lkr}) și susceptanța de scurtcircuit, pe aceeași armonică, a transformatorului Tr(B_{LkTr}):

$$B_{Lk} = B_{Lkr} + B_{LkTr} \qquad (12$$

Pentru determinarea celor două susceptanțe inductive din (12), pentru armonica fundamentală ($k = 1$), avem:

$$B_{L1r} = \frac{\sqrt{3} I \sin \varphi}{U} \; ; \; B_{L1Tr} = \frac{S_n}{10\, u_{sc}\, \%\, U^2} \qquad (13$$

În relația (13) puterea nominală a transformatorului S_n se exprimă în kVA, iar tensiunea de linie în kV.

În aceeași relație u_{sc} % este tensiunea procentuală de scurtcircuit a transformatorului.

Susceptanța bateriei de condensatoare, pentru armonica fundamentală ($k = 1$), se obține cu relația:

$$B_{C1} = \frac{Q}{U^2}, \qquad (14$$

în care Q reprezintă puterea reactivă totală instalată a bateriei de condensatoare exprimată în kVAr, iar U — tensiunea de linie, exprimată în kV.

Este evident că pentru rangurile k ale armonicilor la care susceptanța totală

$$B_{Ck} = B_{Lk} - B_{Ck},$$

este nulă sau aproape nulă se realizează practic o rezonanță paralel între rețea și bateria de condensatoare, ceea ce duce la supraîncărcarea și, respectiv, supratensionarea bateriei.

Nivelul supraintensităților depinde de factorul de calitate al circuitului din figura 2 care pentru armonica de rang k este dat de relația

$$q_k = \frac{B_{Ck}}{G} = \frac{k B_{C1}}{G} \qquad (1$$

Dar:

$$q_k = \frac{I_{Ck}}{I_k} \Rightarrow I_{Ck} = q_k\, I_k \qquad (1$$

Deci $I_{Ck} > I_k$ ori de cîte ori $q_k > 1$. În ceea ce privește tensiunea armonică de rang k la bornele bateriei de condensatoare, aceasta se determină cu relația:

$$U_{Ck} = \frac{I_k}{G} \qquad (17)$$

În situațiile în care rezonanța nu are loc exact pentru un anume rang k al unei armonici din spectrul curentului de linie, atunci în bateria de condensatoare se pot produce supraintensități și supratensiuni pentru armonicile de rangul cel mai apropiat de cel la care apare rezonanța.

În cazurile practice trebuie determinate valorile acestor supratensiuni și supraintensități.

4. Măsurări și rezultate pentru stația de transformare de 110/20 kV Cîmpulung Moldovenesc

Investigațiile practice legate de tematica acestui articol s-au făcut în stația de 110/20 kV — 2 × 16 MVA din orașul Cîmpulung Moldovenesc județul Suceava [11].

Măsurările și calculele se referă în mod deosebit la partea a doua a prezentei lucrări, care vizează posibilitatea apariției fenomenului de rezonanță a curenților în circuitul bateriei de condensatoare.

La data efectuării măsurărilor, la barele de 10 kV ale stației de transformare se afla conectat un singur transformator cu caracteristicile: $S_n = 16$ MVA, $U_N = 110/20$ kV, $u_{sc}\% = 11\%$ conexiunea Y_0/D_{11}. Bateria, formată din condensatoare de tipul ISOKOND (fabricație I.E.D.G.), cu puterea instalată de 1,2 MVAr (o singură treaptă) era conectată la barele de 20 kV și funcționa din 1978.

Încărcarea stației pe partea de 100 kV era de 9 MW și 2,3 MVAr cu bateria de condensatoare conectată și, de 8 MW și 3,2 MVAr cu bateria deconectată.

Măsurările efectuate au vizat următoarele obiective:

a) Oscilografierea undelor de tensiune și curent în punctele indicate în tabelul 1 corelat cu schema operativă a stației la data efectuării măsurărilor.

b) Stabilirea condițiilor în care pot apărea supratensiuni și supraintensități în bateria de condensatoare instalată.

În acest scop s-a măsurat coeficientul de distorsiune atît al curentului cît și al tensiunii și s-au vizualizat pe ecranul unui osciloscop catodic reziduurile deformante ale acestor mărimi.

Analiza armonică a curenților și a tensiunilor s-a efectuat folosind un procedeu numeric bazat pe metoda ordonatelor echidistante (Thomson — Runge). Datele obținute au fost apoi prelucrate automat, în baza unui program de calcul adecvat, pe calculatorul FELIX C-256.

Coeficientul de distorsiune pentru curenți (și în mod analog și pentru tensiuni) s-a determinat cu relația:

$$\delta_I = \frac{1}{I}\left(\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2\right)^{1/2} \quad ; \quad I = \left(\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2\right)^{1/2} \qquad (18)$$

Relația (18) a fost de asemenea programată și rulată pe calculator. Deoarece valoarea măsurată a curentului este I, valoarea efectivă a fundamentului rezultă din (18):

$$I_1 = I(1 - \delta_I)^{1/2} \qquad (19)$$

Și relația (19) a fost programată și rulată pe calculator. În scopul determinării parametrilor schemei echivalente din figura 2 s-a măsurat și factorul de putere în punctele necesare din stația de transformare, cu bateria de condensa-

Tabelul 1

Măsurări în stația de *110/20* kV Cîmpulung Moldovenesc

Denumirea punctului de măsurare	Curentul de sarcină (tensiuni)	Factorul de putere ($\cos\varphi$)	Factorul de distorsiune δ_I, %(δ_U %)	Observații
mar trafo 110 kV	36,3 A	0,928	1,2	Cu BC deconectată
mar trafo 110 kV	33 A	0,96	1,3	Cu BC conectată
undar trafo 20 kV	174 A	0,95	1,8	Cu BC conectată
undar trafo 20 kV	198 A	0,93	1,9	Cu BC deconectată
teria de condensatoare	30 A	—	10—11	
care 20 kV — p_1	27,6 A		4,5—5	
care 20 kV — p_2	54 A		2—3	
care 20 kV — p_3	46,2 A		1,7	
care 20 kV — p_4	47 A		2,5—2,7	
siune 110 kV	118,8 kV		0,8—0,9	Cu BC conectată
siune 110 kV	118,8 kV		0,7—0,8	Cu BC deconectată
siune 20 kV	20,8 kV		0,9	Cu BC conectată
siune 20 kV	20,8 kV		0,65	Cu BC deconectată

toare conectată și respectiv deconectată. Rezultatele măsurărilor și calculelor sînt prezentate sintetic în tabelul 1.

Trebuie precizat faptul că măsurările de curenți și de tensiuni în regim deformant au fost făcute cu aparate ce prezintă erori mici (osciloscop catodic, voltmetre și ampermetre de tip feromagnetic), știut fiind că metodologia expusă implică, în general, erori mari de prelucrare.

Rezultatele calculului parametrilor schemei echivalente din figura 2 utilizînd relațiile (11), (12), (13) și (14) sînt :

$$G = 156 \cdot 10^{-4}\ \Omega^{-1};\ B_{L1r} = 6 \cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1};$$

$$B_{L1Tr} = 363 \cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1};$$

$$B_{L1} = 369 \cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1} \text{ și } B_{C1} = 3 \cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1}.$$

Rangul armonicii la care este posibilă rezonanța paralel este :

$$k = \left(\frac{B_{L1}}{B_{C1}}\right)^{1/2} = 11$$

Factorul de calitate al circuitului rezonant, pentru armonica de rang $k = 11$, este :

$$q_k = \frac{k\,B_{C1}}{G} = q_{11} = 2{,}11$$

Analiza armonică a curentului absorbit de bateria de condensatoare (fig. 3) indică prezența armonicilor de rang 7 (1,2%), 13 (4,4%) și 17 (4,4%).

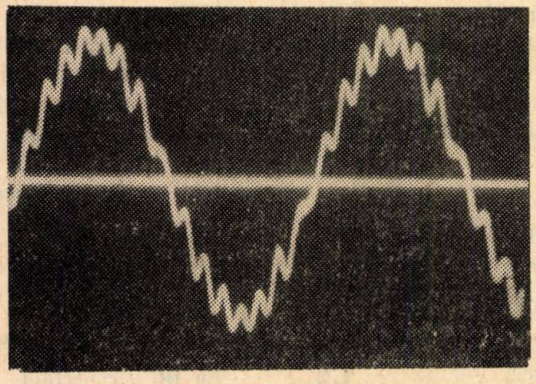


Fig. 3. Oscilograma curentului absorbit de bateria de condensatoare.

Deși rezonanța de curent este posibilă pentru armonica de rang 11, ponderea mare a armonicilor de rang 13 și 17, atît în curentul prin bateria de condensatoare, cît și în curenții de linie la doi dintre consumatorii importanți (p_1 și p_2 din tabelul 1), așa cum rezultă din figurile 4 și 5, impune determinarea factorilor de calitate corespunzători acestor armonici : $q_{13} = 2{,}6$ și $q_{17} = 3{,}26$.

Valorile mici ale factorilor de calitate pun în evidență faptul că la bornele bateriei de condensatoare nu se vor înregistra supratensiuni armonice. Într-adevăr tensiunile produse la bornele bateriei de condensatoare de către armonicile de rang 13 și 17 sînt sub 30 V.

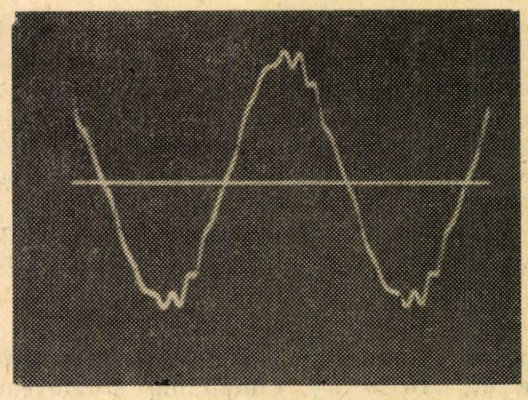


Fig. 4. Oscilograma curentului absorbit pe plecarea p_1 — ora ($\gamma_{i5} = 2{,}2\%$; $\gamma_{i13} = 2{,}9\%$ și $\gamma_{i17} = 2{,}9\%$).

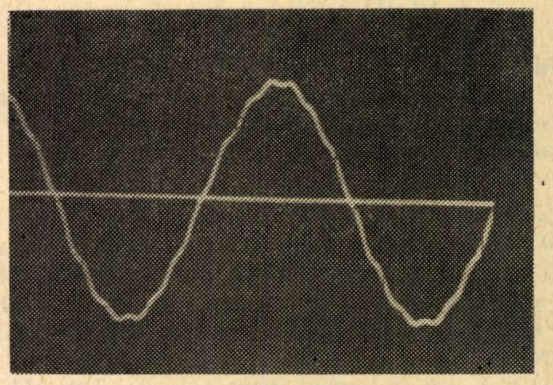


Fig. 5. Oscilograma curentului absorbit pe plecarea p_2 industrie ușoară ($\gamma_{i11} = 1{,}1\%$ și $\gamma_{i13} = 2{,}6\%$).

Concluzii

Bateriile de condensatoare reprezintă sur specializate de putere reactivă cu o răspîndi din ce în ce mai largă în instalațiile electroene getice, în scopul îmbunătățirii factorului putere și diminuării pierderilor de energie urmare a reducerii circulației puterilor reacti în rețele.

Exploatarea bateriilor de condensatoare i plică, periodic, controlul parametrilor re mului deformant pe bara pe care sînt montat spre a se putea lua măsuri preventive în leg tură cu supraîncărcarea și supratensionarea regim de durată a condensatoarelor.

Supraîncărcarea și supratensionarea bate lor de condensatoare se datorează proprietă acestora de a amplifica regimul deformant, p cum și posibilității apariției fenomenului rezonanță armonică cu rețeaua de alimenta

Un caz foarte răspîndit în rețelele electrice aflate în exploatarea IRE este acela în care consumatorii cu caracter deformant sînt racordați pe aceeași bară (MT) cu bateriile de condensatoare.

Pentru astfel de situații sînt necesare verificări prin măsurători și calcule privind prevenirea deteriorării bateriilor de condensatoare. Dacă măsurile de organizare a schemelor ca și măsurile tehnico-organizatorice nu sînt de natură a preveni deteriorarea bateriilor, soluția care se impune este aceea a filtrelor de absorbție ce funcționează în regim de filtrare-compensare.

Odată cu creșterea numărului și a puterilor receptoarelor cu caracteristică pronunțat neliniară în rețelele sistemului electroenergetic național, este posibil ca în viitorul apropiat filtrele de absorbție să capete o răspîndire tot mai largă, nu numai la marii consumatori industriali (cu receptoare deformante), dar și în rețelele electrice de distribuție ale IRE.

Bibliografie

1] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. II. Editura didactică și pedagogică, București, 1974.

2] * * * M.E.E., 1E — Ip 19—78. *Îndreptar de proiectare pentru bateriile de condensatoare în stațiile de 110 kV/MT.* ICEMENERG, București, 1979.

[3] Grzybowski, S., ș.a. *Condensatoare în electroenergetică.* Editura tehnică, București, 1966.

[4] Bălă, C., Pomîrleanu, M. și Bîrgăuanu, M. *Efectele armonicilor și mijloace pentru diminuarea lor.* În : Studii și cercetări de energetică, seria A, vol. 13, 1963.

[5] Arie, E., Nicolae, P. și Cristea, H. *Principii de alegere a parametrilor instalațiilor de filtrare a armonicilor.* În : Studii și cercetări de energetică, seria A, vol. 13, 1963.

[6] Bărbulescu, D. ș.a. *Studiul regimului deformant al instalației electrice și proiectul tehnic al filtrelor de absorbție ale armonicilor la IUPS și CCH Suceava.* Contract IP Iași — IRE Suceava, nr. 25948/1976.

[7] * * * M.E.E. *Normativ privind limitarea regimului deformant, — PE 143/80.* ICEMENERG, București, 1980.

[8] * * * M.E.E. *Instrucțiuni privind compensarea puterii reactive la consumatorii industriali și similari — PE 931/75.* ICEMENERG, București, 1975.

[9] * * * MEE. *Instrucțiuni privind compensarea puterii reactive în rețelele de distribuție exploatate de IRE — PE 120/75.* ICEMENERG, București, 1975.

[10] Sfichi, R. *Aspecte privind problema factorului de putere în rețelele electrice ce funcționează în regim deformant, cu referire la zona industrială a Municipiului Suceava.* În : Energetica, 27, nr. 10/1979.

[11] Savin, Gh. ș.a. *Analiza cauzelor și stabilirea măsurilor de combatere a efectelor regimului deformant în stațiile de transformare echipate cu baterii de condensatoare din IRE Suceava.* Contract IP Iași — IRE Suceava, nr. 19828/1978 (etapa I — 1979).

(Articol intrat în redacție la 10 decembrie 1980)

Surse și tehnologii noi în energetică

urbine cu freon pentru centrale olare de mică putere

Ing. **A. Ruiu** *)

Apariția energiei solare pe lista resurselor prinare de energie utilizate pentru obținerea nergiei electrice în centrale cu ciclu termic cla- c a necesitat, printre altele, realizarea unor rbine capabile să funcționeze în condițiile ferite de sistemul de captare al radiației soalui. Referindu-ne doar la tipul de centrală olară bazat pe folosirea captatoarelor plane, pul cel mai simplu și ca urmare și cel mai ieftn de captatoare, în articolul de față sînt prentate unele aspecte specifice legate de etale preliminare ale calculului unei turbine stinate să funcționeze într-un ciclu de poțial termic scăzut. Într-un astfel de ciclu, acă sursa primară de energie o constituie arele, temperatura maximă a sursei calde depășește 100°C, ceea ce amendează serios frele de randament obișnuite pentru o cenală termică clasică, limitînd totodată puterea stalată, plafonată din motive economice evidente, la valori de ordinul a cîteva sute de kilowați. Temperatura scăzută ridică de asemenea o serie de probleme, legate în special de alegerea agentului termodinamic și stabilirea ciclului de lucru, a căror prezentare, văzută prin prisma experienței cîștigate de ICEMENERG-București ca urmare a probelor de punere în funcțiune a primei centrale solare din R.S.R., este făcută în cele ce urmează.

*) Ing. Adrian Ruiu este cercetător științific la EMENERG.

Alegerea agentului termodinamic

În domeniul puterilor mici, unde schemele funcționale simple sînt esențiale, apa — agentul termodinamic cel mai utilizat în termoenergetică — a fost înlocuită cu o serie de agenți de lucru, de regulă freoni, care permit folosirea unor instalații puțin complicate și în consecință ieftine și ușor de realizat.

Situația apare ca urmare a caracteristicilor destinderii vaporilor de apă, care prezintă inconveniente majore în cazul centralelor solaro-electrice de joasă temperatură :

a) Nivelul scăzut de temperatură al sursei calde (valorile cu cea mai mare frecvență de apariție în sezon sînt cele cuprinse între 60 și 80°C) face ca pentru obținerea aburului necesar funcționării turbinei întreaga instalație

să fie subatmosferică, necesitînd utilaje speciale pentru realizarea vidului și un grad deosebit de etanșeizare.

b) Apa are o curbă-limită în formă de clopot, astfel că pentru a se evita o destindere umedă, ciclul de lucru trebuie să fie de tip Hirn, dispunînd de supraîncălziri intermediare (fig. 1),

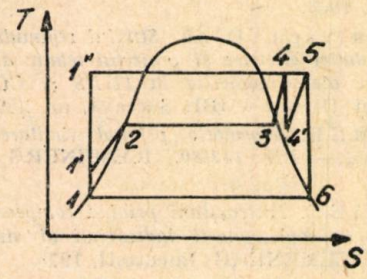


Fig. 1. Ciclul Hirn (1, 1', 2, 3, 4, 4', 5, 6, 1) și ciclul Carnot (1, 1'', 5, 6, 1) în cazul vaporilor de apă.

realizarea lor avînd drept consecință complicarea schemei de funcționare. În plus, în legătură cu randamentul unui ciclu de tip Hirn, se poate constata că față de ciclul ideal Carnot (11''561), format din două izoterme și două adiabate și care presupune un aport de căldură la temperatură constantă, ciclul Hirn (11'2344'561) are abateri mari, ce conduc la o scădere a randamentului global. Îmbunătățiri ale randamentului pot fi obținute prin utilizarea preîncălzirii, dar practic nici această soluție nu poate fi acceptată datorită complicațiilor pe care le presupune schema de lucru.

În aceste condiții, au fost utilizate fluidele organice a căror curbă-limită (fig. 2) permite

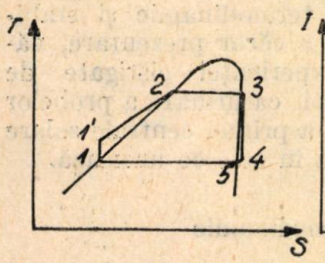


Fig. 2. Ciclul Rankine în cazul agenților organici.

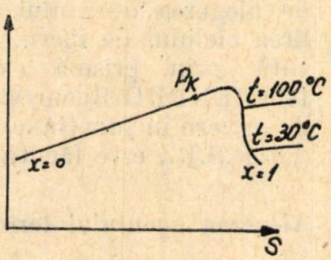


Fig. 3. Curba-limită pentru freon 11.

o destindere teoretică „uscată" sau care intră puțin în domeniul umed, fără ca în felul acesta să fie necesară supraîncălzirea, ciclul Hirn devenind un ciclu Rankine.

În tabelul 1 [1] se dau caracteristicile diverselor fluide organice evoluînd într-un ciclu Rankine cu 63°C la generatorul de vapori și 36°C la condensator. În calculul ciclului singurele pierderi considerate au fost cele ale turbinei avînd un randament de 75%. Se poate constata că dintre agenții investigați (aleși, în principal, pe baza a două condiții: posibilitatea de producere în țară și absența pericolelor legate de toxicitate ridicată, inflamabilitate etc.) freonul 11 dispune de valori ridicate de randament, avînd totodată și o cădere de entalpie suficient de mare, în comparație cu ceilalți freoni.

Tabelul 1

Ciclul Rankine 63/36°C pentru freoni

Fluidul	Masa moleculară, g	Limita de stabilitate termică, °C	Presiunea inițială, bar	Coeficientul adiabatic*) c_p/c_v	Randamentul ciclului, %	Căderea adiabatică de entalpie, kJ/kg
Freon 11	137	105	3,5	1,13	5,9	15,05
Freon 12	121	120	16	1,13	5,9	11,50
Freon 22	86	145	26	1,178	5,2	11,27
Freon 113	187	105	1,65	1,082	5,8	12,79
Freon 114	171	120	6,3	1,084	5,3	10,45
Freon C 318	200	120	9,3	—	5,5	8,78

*) După [2], [3].

Din punct de vedere termodinamic el are și avantajul unei curbe-limită (fig. 3) care pentru valorile temperaturilor de interes, permite ca destinderea reală a vaporilor să se termine în domeniul supraîncălzit, eliminîndu-se astfel pericolul apariției picăturilor de lichid. Utilizarea freonului 11 este recomandabilă și pentru că, avînd presiuni de saturație relativ mici (fig. 4), greutatea specifică a utilajelor este redusă.

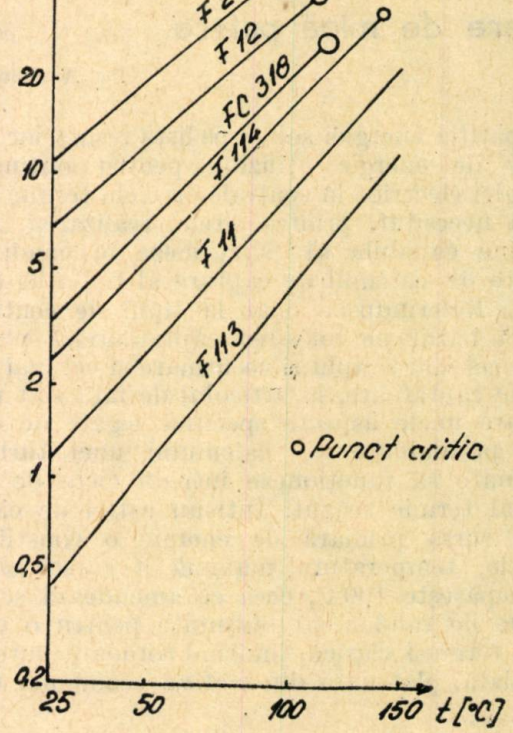


Fig. 4. Diagrama presiunilor de saturație a freonilor.

La capitolul deficienţe, pentru freon 11 se semnalează gradul ridicat de etanşeizare a instalaţiei, fiind recomandabilă capsularea.

Din experienţa ICEMENERG-Bucureşti se poate spune că renunţarea la o etanşare pretenţioasă şi folosirea unor sisteme obişnuite de etanşare dă deplină satisfacţie, în cazul etanşărilor statice fiind permisă şi utilizarea sistemelor dinamice de genul manşetelor de rotaţie şi a inelelor de frecare care au o rată acceptabilă de scăpări.

Stabilirea ciclului de lucru

Fiind cunoscute valorile temperaturilor sursei calde T_1 şi reci T_2 ciclul ales ar trebui să aibă, din punct de vedere termodinamic, un randament cît mai apropiat de valoarea randamentului Carnot, care reprezintă maximul teoretic posibil. Pentru domeniul de temperaturi reţinut se constată (fig. 5) că randamentul Carnot nu depăşeşte 20%, cifră destul de redusă, care va impune ca avantajos ciclul al cărui factor de recuperare f, definit ca raportul dintre căldura introdusă şi căldura maxim

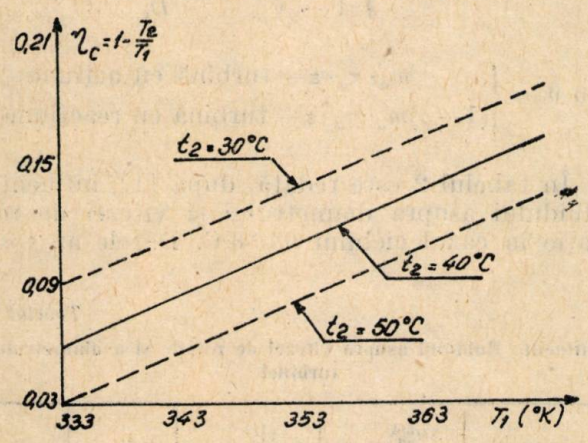


Fig. 5. Randamentul Carnot pe domeniul temperaturilor de funcţionare a centralelor solare de joasă temperatură.

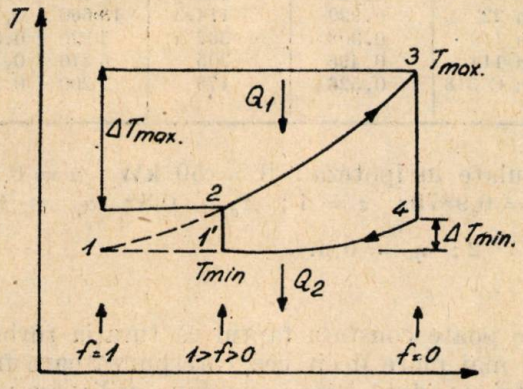


Fig. 6. Influenţa factorului de recuperare f asupra configuraţiei unui ciclu ideal.

posibilă de introdus, are cea mai apropiată valoare de 1 (fig. 6), fără ca ΔT_{max} să depăşească o anumită valoare de optim:

$$f = \frac{Q_1}{(Q_1)_{max}} = \frac{\Delta T_{max}}{T_{max} - T_{min}} \cdot \frac{\bar{c}_{p2-3}}{\bar{c}_{p1-3}} \to 1 \qquad (1)$$

Explicaţia constă în faptul că pentru un ciclu la care $f \to 1$ avem $L_u \to (L_u)_{max}$, chiar dacă prin creşterea ΔT_{max} obţinem o îndepărtare de ciclul ideal Carnot.

În aceste condiţii utilizarea noţiunii obişnuite de randament al ciclului dat de formula:

$$\eta = \frac{L_u}{Q_1} = 1 - \frac{\Delta T_{min}}{\Delta T_{max}} \frac{\ln[T_{max}/(T_{max} - \Delta T_{max})]}{\ln(1 + \Delta T_{min}/T_{min})} \qquad (2)$$

devine incomodă în calitate de criteriu opţional, deoarece tendinţa de creştere spre valoarea maxim posibilă η_c se traduce printr-o scădere a lucrului util obţinut. De aceea este preferabil să se lucreze cu noţiunea de randament efectiv, [4], dat de relaţia:

$$\eta^* = f \cdot \eta = \frac{L_u}{(Q_1)_{max}} \qquad (3)$$

În figura 7 este dată variaţia randamentelor η şi η^* în cazul unui ciclu teoretic subatmosferic

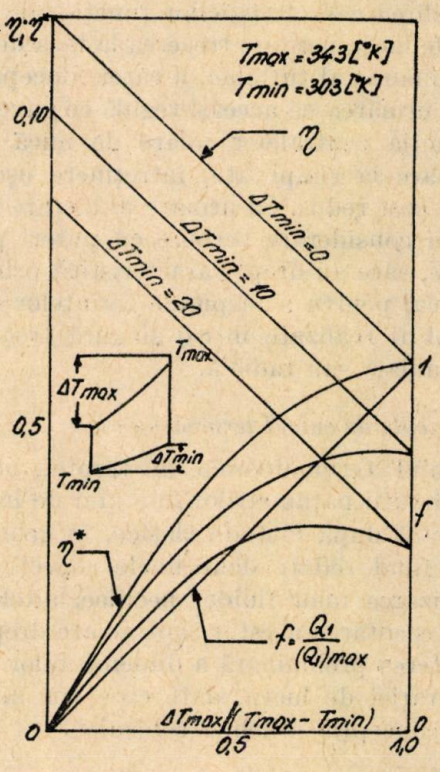


Fig 7. Variaţia randamentului ciclului şi a randamentului efectiv funcţie de diferenţele de temperatură ale surselor.

al vaporilor de apă lucrînd între 70 și 30°C, domeniu în care se poate considera cu bună aproximație:

$$\frac{\bar{c}_{p2-3}}{\bar{c}_{p1-3}} \cong 1 \qquad (4)$$

Rezultă evident că în condițiile prestabilirii temperaturilor extreme, problema maximizării randamentului efectiv presupune determinarea ΔT_{max}*), ΔT_{min} satisfăcînd condiția:

$$\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}} = \frac{1}{1-\eta} \cdot \frac{\bar{c}_{p1'-4}}{\bar{c}_{p2-3}} \qquad (5)$$

Considerente economice introduc condiția suplimentară a costului relativ:

$$C_r = \frac{\Delta T_{min}}{\Delta T_{max}} \cdot \frac{\Delta H_{ad} - \eta \cdot \bar{c}_{p1} \cdot \Delta T_{max}}{\eta \cdot \bar{c}_{p1} \cdot \Delta T_{min} - \Delta H_{ad}(1-\eta)} \qquad (6)$$

Folosirea acestor condiții permite stabilirea ciclului ideal de randament efectiv maxim, trecerea la ciclul real neafectînd concluziile obținute în faza de optimizare a ciclului ideal [4].

Turbine pentru ciclurile solare de joasă temperatură

Stabilirea caracteristicilor funcționale ale ciclului de lucru permite trecerea la faza de calcul termodinamic al turbinei, a cărei concepție trebuie să urmărească aceeași regulă ce guvernează construcția centralelor solare de mică putere referitoare la simplitate, întreținere ușoară și preț de cost redus. Ca urmare în lucrare au fost luate în considerare turbine cu puteri pînă la 100 kW, care au drept caracteristică principală faptul că, pentru a răspunde cerințelor de mai sus, pot fi realizate într-o singură treaptă de lucru, axială sau radială.

a) *Elemente de calcul termodinamic*

Calculul termodinamic al treptei, în condițiile fixării parametrilor fluidului de lucru, se desfășoară după metode clasice, în cele ce urmează fiind redate doar unele aspecte legate de utilizarea unor fluide specifice, altele decît apa. Prezentarea acestor aspecte are drept scop cunoașterea preliminară a dimensiunilor treptei și a turației de lucru, date care vor influența direct concepția schemei centralei.

*) Afirmația rămîne valabilă și în cazul altor fluide decît apa.

Turbine axiale

Stabilirea coeficientului vitezelor [5]:

$$\left(\frac{u}{c_1}\right)_{opt} = \frac{\cos\alpha_1}{2(1-\rho)} \qquad (7)$$

conduce la obținerea diametrului roții, D, și a turației treptei, N:

$$D = \frac{1}{\sqrt{\theta\pi}} \gamma (\operatorname{tg}\alpha_1)^{-1/2} \cdot \left(\frac{\Delta c_u}{u}\right)^{1/4} \cdot \frac{W^{1/2}}{\eta_u^{3/4}} \cdot \frac{v_1^{1/2}}{\Delta H_{ad}^{3/4}} \qquad (8)$$

$$N = \sqrt{\frac{\theta}{\pi}} \frac{1}{\gamma} (\operatorname{tg}\alpha_1)^{1/2} \left(\frac{\Delta c_u}{u}\right)^{-3/4} \cdot \frac{\eta_u^{5/4}}{W^{1/2}} \frac{\Delta H_{ad}^{5/4}}{v_1^{1/2}}, \qquad (9)$$

unde au fost folosite notațiile:

$$\gamma = \sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}}; \quad \nu = \frac{D}{D_e}$$

$$\text{cu } \theta = \begin{cases} m_a \cdot \tau_a \cdot \varepsilon - \text{turbină cu acțiune} \\ (1-\rho) m_a \cdot \tau_a \cdot \varepsilon - \text{turbină cu reacțiune} \end{cases}$$

În tabelul 2 este redată, după [1], influența fluidului asupra diametrului și vitezei de rotație în cazul ciclului 63/36°C. Datele au fost

Tabelul

Influența fluidului asupra vitezei de rotație și a diametrului turbinei

Fluidul	$\frac{\Delta H_{ad}^{5/4}}{v_1^{1/2}} \cdot 10^{-6}$	$\frac{v_1^{1/2}}{\Delta H_{ad}^{3/4}} \cdot 10^{6}$	N, rot/min	D, m
Freon 11	0,490	250	6 700	0,221
Freon 12	0,827	130	11 300	0,115
Freon 22	0,929	114,3	13 680	0,101
Freon 113	0,308	367	4 220	0,325
Freon 114	0,498	205	6 810	0,181
Freon C 318	0,526	178	7 200	0,157

calculate în ipoteza: $W = 50$ kW; $\nu = 0{,}85$; $m_a = 0{,}9875$; $\varepsilon = 1$; $\tau_a = 0{,}8$; $\alpha_1 = 16°$; $\frac{\Delta c_u}{u} = 2$; $\eta_u = 0{,}8$.

Se poate constata faptul că turația turbine este mai mare decît cea corespunzătoare frecvenței standard, ceea ce impune utilizarea unor reductoare de turație.

Freonul 11 prezintă și la acest capitol proprietăți avantajoase, deoarece, impunînd turații reduse în comparație cu majoritatea celorlalți freoni, dimensiunile reductorului vor fi mai mici.

Turbine radiale

Formulele de calcul ale turbinelor radiale sînt mai complicate și mai puțin cunoscute, acest tip de turbină avînd un grad mai redus de răspîndire. În domeniul puterilor mici, turbinele radiale devin interesante prin performanțele atinse și fiabilitate în exploatare. Pentru o treaptă dreaptă ($c_{2u} = 0$) a unei turbine radial-centripete, considerîndu-se ca bază de calcul regimul de lucru în care randamentul efectiv este maxim, se obține [7]:

— Coeficientul vitezelor:

$$\left(\frac{u}{c_1}\right)_{\text{calcul}} = \frac{\cos \alpha_1}{A}, \qquad (10)$$

unde u este calculat pe diametrul de intrare, iar:

$$A = m\sqrt{\frac{1}{k}\left(\frac{1}{\varphi^2}-1\right)+\frac{1}{\psi^2}\left(\frac{c_{2a}}{c_{1r}}\right)^2 \cdot \sin^2\alpha_1 + \left[2(m-1)+\delta^2\left(\frac{1}{\psi^2}-1\right)+\left(k+\frac{1}{k}\right)\right]\frac{\cos^2\alpha_1}{m^2}} \qquad (11)$$

— Formulele pentru D și N își mențin forma, cu observația că:

$$\theta = \frac{m_a \cdot \tau_p}{2} \cdot A\,; \quad \Delta c_u = c_{1u} \pm \delta c_{2u}, \qquad (12)$$

iar N se amplifică cu un factor de forma $(\delta \cdot \nu)$. În aceste condiții, referitor la tabelul 2, diametrul rotorului radial (la ieșire) este cu circa

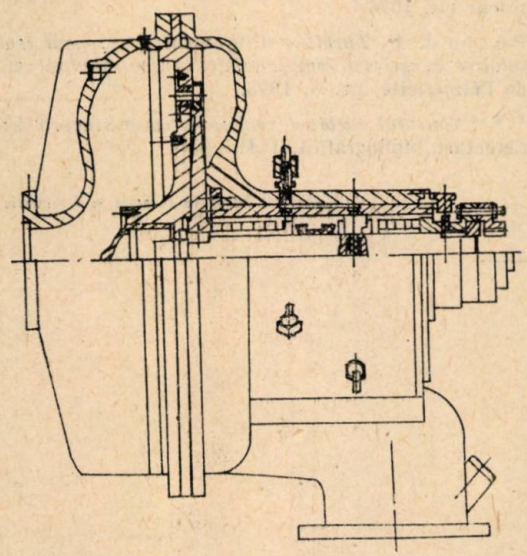


Fig. 8. Turbină axială de 30 kW e aflată în funcțiune în R.S.R.

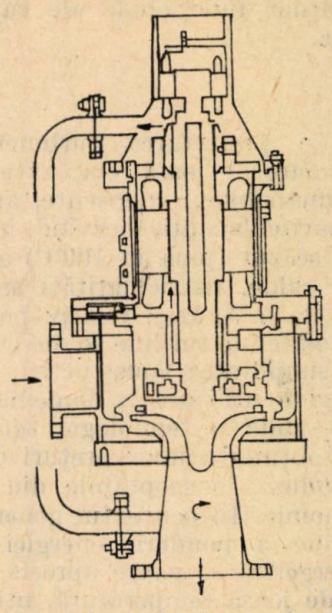


Fig. 9. Turbină radial centripetă cu generator de 30 kWe capsulat aflată în funcțiune în Mexic.

7,5% mai mic decît cel al turbinei axiale, iar turația sa (la viteze tangențiale și diametre de intrare egale), cu circa 50% mai redusă.

b) *Realizări de turbine solare*

Din punct de vedere tehnic, realizarea unor turbine funcționînd cu freon nu prezintă dificultăți deosebite. Nivelul de putere pînă la care s-au construit astfel de grupuri turbogeneratoare este relativ mic (sub 100 kW), fiind folo-

Tabelul 3

Date funcționale pentru turbine solare aflate în exploatare în R.S.R. și în Mexic

Denumirea	Tip axial	Tip radial
Agentul de lucru	freon 11	freon 11
Temperatura de intrare, °C	70	57
Temperatura condensatului, °C	30	30
Presiunea de admisie, bar	4	2,89
Presiunea condensatorului, bar	1,25	1,25
Debitul freonului, N/s	23	26
Puterea, kW	30	30

site atît turbine axiale, cît și radiale. În figurile 8 și 9 sînt date schemele unor grupuri turbogeneratoare de 30 kWe aflate în funcționare în R.S.R. (tip axial) și în Mexic [6] (tip radial-centripet).

Se constată (tabelul 3) că datele termodinamice pentru aceste grupuri sînt foarte apropiate, corespunzînd nivelului de putere cerut

şi posibilităţilor funcţionale ale captatoarelor solare plane.

Concluzii

Calculul şi proiectarea turbinelor pentru centralele solare de joasă temperatură se poate face după metodologii cunoscute, avînd totuşi o serie de particularităţi, derivînd, în principal, din nivelul scăzut (pînă în 100°C) al temperaturii sursei calde, particularităţi semnalate şi în lucrarea de faţă. Deşi relativ puţine, realizările unor astfel de turbine se dovedesc interesante prin simplitatea construcţiei, avînd perspective largi de utilizare în domeniul puterilor mici, acolo unde o tehnologie sofisticată ar conduce la obţinerea unor preţuri de cost ale energiei produse, inacceptabile din punct de vedere economic. În contextul general al creşterii continue a ponderii energiei solare în balanţa energetică se poate aprecia că centralele solare de joasă temperatură, utilizînd grupuri turbogeneratoare cu freon, vor avea un rol important într-o primă etapă de dezvoltare, îndeosebi pentru regiunile izolate, dispunînd însă de o însoleiere suficientă pentru acoperirea necesităţilor energetice locale.

Notaţii

$\bar{c}_{pi-j}$ — căldura specifică medie pe intervalul $i-j$;

L_u — lucrul mecanic util;

ΔT_{max}, ΔT_{min} — diferenţele de temperatură sub care lucrează ciclul în faza de aport, respectiv de extragere a căldurii;

Q_1 — cantitatea de căldură introdusă în ciclu;

η_c — randamentul Carnot;

$C_r = \frac{C_2}{C_1}$ — costul relativ;

C — costul specific;

$C_2 = \frac{C\left[\frac{\text{lei}}{\text{kg}\cdot°\text{C}}\right]}{c_{p_2}\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot°\text{C}}\right]}$ — costul răcirii fluidului;

$C_1 = \frac{C\left[\frac{\text{lei}}{\text{kg}\cdot°\text{C}}\right]}{c_{p_1}\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot°\text{C}}\right]}$ — costul încălzirii fluidului;

ΔH_{ad} — căderea adiabatică de entalpie;

u — viteza tangenţială;

c_1 — viteza absolută la ieşirea din ajutaje

c_2 — viteza absolută la ieşirea din palete

Δc_u — suma algebrică a proiecţiilor c_1 şi c_2 p direcţia u;

α_1 — unghiul de ieşire al fluxului de vapori

ρ — gradul de reacţiune al treptei;

W — puterea produsă de treaptă;

η_u — randamentul periferic al treptei;

v_1 — volumul specific al vaporilor la ieşire din treaptă;

D_e — diametrul treptei la vîrful paletelor

m_a — coeficient de reducere a vitezei în stratul limită;

τ_a; τ_p — gradul de reducere a secţiunii de ieşir datorat grosimii pereţilor ajutajelor respectiv paletelor;

ε — gradul de admisie;

c_{2u} — proiecţia vitezei absolute a fluxului d vapori la ieşirea din palete, pe direcţi vitezei tangenţiale;

m — parametru de construcţie complex

K — coeficient caracterizînd pierderile d putere în rotor;

φ; ψ — coeficient de pierderi prin frecare î ajutaje, respectiv în palete;

c_{2a} — proiecţia vitezei absolute la ieşire din palete pe direcţia axială;

c_{1r} — proiecţia vitezei absolute la ieşirea di ajutaje pe direcţia radială;

δ — parametru caracterizînd construcţi rotorului.

Bibliografie

[1] Verneau, A. *L'emploi des fluides organiques dans l turbines solaires.* În: Revue générale de l'électricit nr. 5, 1978.

[2] * * * *Tabele FRIGEN.*

[3] Kuzman, R. *Tabele şi diagrame termodinamic* Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

[4] Macchi, E. *Cicli termodinamici di potenza operan con sorgenti a bassa temperatura.* În: La Termotecnic nr. 3, 1975.

[5] Grecu, T. ş.a. *Turbine cu abur.* Editura tehnic Bucureşti, 1976.

[6] Pocard, P. *Turbines et turbogénérateurs pour central solaires à cycles thermodynamiques* În: Revue génér de l'électricité, nr. 5, 1978.

[7] * * * *Calculul turbinei centripete cu o singură treapt* Cercetare bibliografică, U.R.S.S.

(Articol intrat în redacţie la 4 ianuarie 19

Concepţia liniilor electrice aeriene de înaltă şi foarte înaltă tensiune, ţinînd seamă de relaţia cu mediul înconjurător

Dr. ing. **P. Militaru**, dr. ing. **Z. I. Neag**, şi ing. **C. Petrescu** *)

Pe măsura dezvoltării reţelei de linii electrice aeriene de înaltă şi foarte înaltă tensiune în România, preocupări din ce în ce mai intense au fost destinate protecţiei mediului înconjurător. Principalele scopuri sînt reducerea suprafeţelor agricole şi împădurite afectate şi micşorarea efectelor nocive asupra cadrului natural. În timpul ultimilor ani s-a acordat o importanţă deosebită problemelor de estetică, de utilizare a spaţiului şi influenţelor electrice.

1. Construcţia liniilor electrice aeriene la trecerea prin terenuri agricole. Organizarea traseelor liniilor

Regulile tehnice româneşti privind ocuparea terenurilor agricole de către liniile electrice prevăd amplasarea liniilor electrice aeriene de joasă şi de medie tensiune şi a liniilor de 110 kV în lungul şi în apropierea drumurilor, digurilor şi canalelor de irigaţie. În ceea ce priveşte liniile de 220 şi 400 kV, traseele lor trebuie să fie alese în urma unei comparaţii din punct de vedere tehnic şi economic a diferitelor variante posibile, ţinînd seama de necesitatea de a reduce la maximum suprafeţele de teren ocupate şi de dezvoltarea în perspectivă a zonelor locuite şi a celor industriale. Amplasarea traseelor liniilor foarte aproape de căile de comunicaţie a condus la creşterea lungimii liniilor şi a numărului de stîlpi de colţ, ca şi la mărirea cheltuielilor pentru protecţia liniilor de telecomunicaţii.

În ceea ce priveşte influenţa liniilor asupra lucrărilor agricole, practica a confirmat că distanţele între stîlpi şi gabaritul conductoarelor la sol permit executarea mecanizată a acestor lucrări. Prezenţa liniilor nu împiedică operaţiile de irigare a terenurilor prin aspersiune, respectîndu-se anumite măsuri de protecţie a muncitorilor, prevăzute în instrucţiuni elaborate în acest scop.

Pentru a diminua la maximum posibil pagubele asupra recoltelor în timpul lucrărilor de construcţie a liniilor electrice aeriene, se utilizează metode de montaj corespunzătoare (montarea stîlpilor prin clădire, întinderea conductoarelor sub tracţiune cu ajutorul firului pilot) şi se face o coordonare a operaţiilor de construcţie şi a lucrărilor agricole.

În România, la proiectarea stîlpilor şi la alegerea traseelor, se ţine seama de asemenea de criteriul estetic, fără a se fi trecut la construcţia de stîlpi concepuţi special după acest criteriu. Astfel, stîlpii sînt vopsiţi în culori care se potrivesc cu peisajul (verde, argintiu, gri deschis). Dispoziţiile reglementărilor în vigoare, de a aşeza liniile de joasă şi medie tensiune şi liniile de 110 kV în lungul drumurilor, este în contradicţie, după anumite păreri, cu criteriul estetic. Dimpotrivă, după alte păreri, liniile nu fac decît să completeze frumuseţea peisajului.

În scopul micşorării suprafeţelor de teren ocupate de liniile electrice aeriene de 110, 220 şi 400 kV şi sistematizării traseelor liniilor în teritoriu, s-au adoptat o serie de măsuri, printre care se pot cita:

a) Înscrierea liniilor în culoare comune, sistematizate şi dimensionate pentru o perspectivă de 10—20 ani, în scopul evitării construirii de provizorate sau de linii noi la interval de timp relativ scurt.

b) Construirea de linii cu două sau mai multe circuite pe aceiaşi stîlpi, în cazurile în care se întrevede în perspectivă necesitatea construirii a două sau mai multor circuite pe trasee paralele.

c) Folosirea intensivă a culoarelor obţinute pentru linii proiectate sau a unor culoare existente, prin realizarea de linii cu două sau mai multe circuite pe aceiaşi stîlpi, linii de tensiune superioară echivalente cu mai multe linii de tensiuni inferioare, linii cu valori ridicate ale curentului maxim admisibil (cu secţiuni mărite ale conductoarelor sau cu două sau mai multe conductoare pe fază).

d) Simplificarea schemelor staţiilor de transformare cu limitarea profilului lor la două tensiuni şi la un număr redus de celule, în scopul evitării aglomerării de linii în jurul staţiilor.

e) Adoptarea de scheme de legătură a centralelor electrice la sistem care să permită reducerea culoarului liniilor (două grupuri conectate la acelaşi transformator şi la acelaşi circuit, linii cu dublu circuit, adoptarea de tensiuni ridicate).

f) Construirea de staţii de transformare cu ieşiri de linii pe mai multe laturi, în scopul evitării încrucişărilor de linii în faţa staţiilor.

În figura 1 sînt reprezentate schematic exemple de culoare ocupate de patru circuite de linii de 110, 220 şi 400 kV, în diferite soluţii de realizare.

*) Autorii lucrează la ISPE.

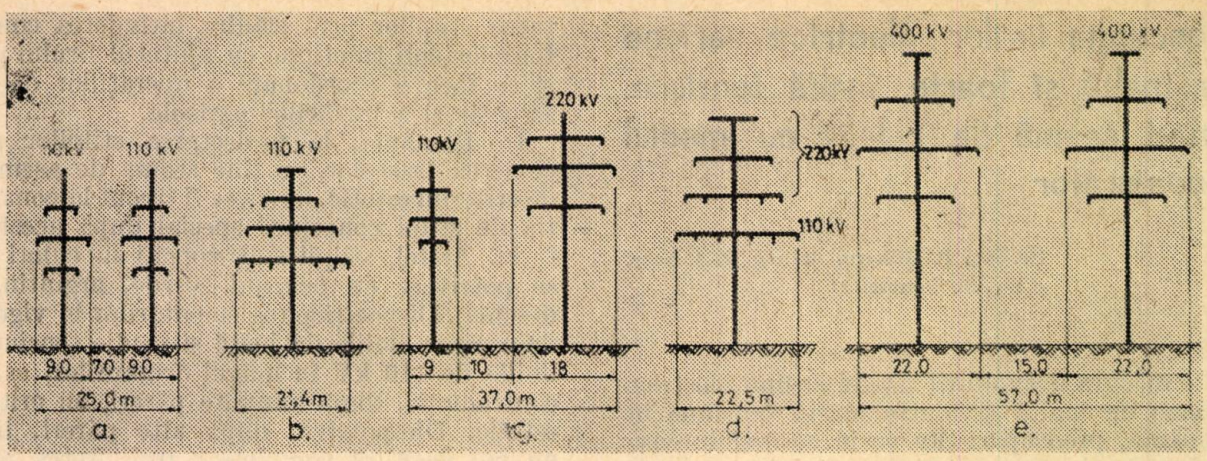


Fig. 1. Exemple de culoare ocupate de patru circuite de linii de 110, 220 şi 400 kV.

La staţiile de 110 kV din care pleacă mai multe circuite aeriene pentru alimentarea unor unităţi industriale, liniile se execută pe stîlpi comuni cu patru circuite de aceeaşi tensiune (fig. 1 *b*). Această soluţie permite o reducere a lăţimii culoarului ocupat şi o mai bună sistematizare a culoarului, faţă de soluţia cu două linii paralele dublu circuit (fig. 1 *a*).

Tabelul 1

Densităţi de putere pentru diferite linii electrice aeriene

Tensiunea liniei [kV]	Numărul circuitelor	Tipul stîlpilor	Lăţimea culoarului [m]	Puterea de transport [MW]	Densitatea de putere [MW/m]	Numărul figurii
110	1	Simplu circuit	9,0	40	4,5	—
	2	Dublu circuit	9,0	80	9,9	—
110	4	Dublu circuit	25,0	160	6,4	1a
		De patru circuite	21,4	160	7,5	1b
220	1	Simplu circuit	15,0	160	10,7	—
	2	Dublu circuit	16,0	320	20,0	—
110 şi 220	4	Dublu circuit	37,0	400	10,8	1c
		De patru circuite	22,5	400	17,8	1b
400	1	Simplu circuit	24,0	550	22,9	—
		Simplu circuit[1]	16,0	550	34,4	2
400	2	Dublu circuit	22,0	1100	50,0	—
		Simplu circuit[2]	63,0	1100	17,5	—
400	4	Simplu circuit	141,0	2200	15,6	—
		Dublu circuit	59,0	2200	37,3	1e
750	1	Simplu circuit	36,0	2100	58,3	—

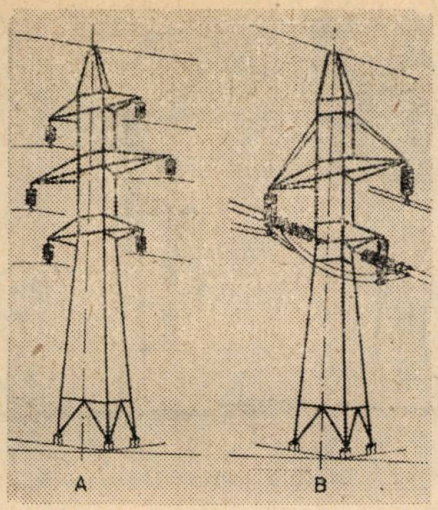
1) Transformaţi din stîlpii de dublu circuit ai unei linii existente de 220 kV
2) Două linii cu simplu circuit

Pentru realizarea legăturilor de 400 kV, între o mare centrală termoelectrică cu opt grupuri şi staţia de 400 kV a sistemului, s-au utilizat linii cu dublu circuit de 400 kV, două grupuri ale centralei debitînd puteri prin cîte un circuit al liniilor (fig. 1 *e*). Linii de 400 kV cu dublu circuit s-au realizat de asemenea pe trasee pe care necesităţile de transport de energie electrică depăşeau în perspectivă puterea de transport a unui circuit.

Criteriul de apreciere a modului de utilizare a culoarelor pentru transportul energiei electrice este densitatea de putere pe lăţime de culoar (MW/m). Valorile densităţii de putere cresc cu tensiunea nominală a liniei şi cu numărul de circuite pe stîlpi (tabelul 1).

Ţinînd seama de necesitatea utilizării mai intense a unor culoare existente şi de dificultăţile crescînde de obţinere a autorizaţiei de trecere pentru linii noi, în cazul unor linii existente care şi-au pierdut în decursul timpului importanţa în cadrul sistemului energetic, se adoptă soluţii de linii electrice care să conducă la creşterea densităţii de putere de transport pe aceste culoare. Astfel, linii existente de 110 şi 220 kV urmează a fi demolate, construindu-se pe aceleaşi culoare linii noi, de tensiuni superioare. Prin desfiinţarea unei linii existente de 220 kV cu simplu circuit şi construirea unei linii noi de 400 kV cu dublu circuit, culoarul trebuie mărit de la 15,0 la 22,0, însă densitatea de putere creşte de circa 4,7 ori (de la 10,7 la 50,0 MW/m).

O altă soluţie, care a fost proiectată pentru a fi aplicată în viitor, este transformarea unor linii de 220 kV dublu circuit în linii de 400 kV simplu circuit, prin compunerea în fascicule duble a celor şase conductoare ale liniilor de 220 kV (fig. 2). Transformarea este favorizată de faptul că atît liniile de 220 kV, cît şi cele de 400 kV sînt echipate în România cu acelaş tip de conductor (450/75 aluminiu/oţel). Datorită utilizării aproape integrale a stîlpilor



g. 2. Transformarea unei linii de 220 kV dublu circuit în linie de 400 kV simplu circuit.

ndaţiilor şi a echipamentelor liniilor, costurile crărilor de transformare sînt foarte reduse)—35%), faţă de investiţiile necesare pentru nstrucţia unor linii noi de 400 kV. Bineînţeles astfel de soluţii se pot aplica numai la linii istente de 220 kV dublu circuit care pot scoase din funcţiune pe perioade relativ ngi.

Construcţia liniilor electrice aeriene şi conservarea pădurilor

O grijă deosebită se acordă în ţara noastră nservării pădurilor, evitîndu-se, ori de cîte este posibil trecerea liniilor prin terenuri pădurite. Cînd evitarea terenurilor împădue nu este posibilă, se defrişează culoare, a ror lăţime se dimensiona pînă în 1975 astfel la căderea accidentală a copacilor să se streze distanţa minimă de izolare electrică re coroana copacilor şi orice conductor al iei.

Pentru a restrînge lăţimea culoarului, s-au examinat patru variante constructive de realizare a liniilor la trecerea prin păduri, reprezentate în figura 3 pentru linii de 220 kV dublu circuit şi pentru înălţimi ale copacilor de 30 m.

Varianta A necesită cele mai mari suprafeţe de defrişat prin păduri, prezentînd în schimb cel mai mare grad de siguranţă pentru funcţionarea liniei. În varianta B se acceptă riscul căderii accidentale a copacilor peste conductoarele liniei, reducîndu-se însă suprafeţele de defrişat cu 30—40% faţă de varianta A. Construcţia şi exploatarea liniei în variantele A şi B se efectuează în condiţii normale, neintervenind cheltuieli suplimentare.

Varianta C prezintă avantajul reducerii cu 75—85% a suprafeţelor defrişate faţă de varianta A, însă costurile de investiţie sînt de 2,25—2,5 ori mai mari şi consumurile de metal de 3,3—3,8 ori mai mari faţă de varianta A, ca urmare a utilizării unor stîlpi suprainălţaţi. În varianta C intervine de asemenea un număr specific de întreruperi ale liniei mult mai mare, provocate de loviturile de trăsnet şi condiţii mult mai grele de exploatare.

Varianta D prezintă avantajul celor mai mici suprafeţe defrişate, însă costurile de investiţii sînt de 2,8—3,1 ori mai mari, iar consumurile de metal de 3,3—3,8 ori mai mari faţă de varianta A. Lucrările de execuţie şi de exploatare trebuie să fie efectuate cu ajutorul helicopterelor. Numărul specific de întreruperi ale liniei este la fel de ridicat ca în varianta C, iar dificultăţile de supraveghere a liniei şi de remediere a unor eventuale avarii sînt mai mari chiar decît în varianta C.

Ţinînd seama de consideraţiile menţionate, s-a adoptat şi reglementat [5] varianta B ca soluţie generală de realizare a culoarelor de siguranţă, a culoarelor de lucru şi a platformelor de montare la trecerea liniilor prin păduri, cu unele precizări pentru situaţii locale. În

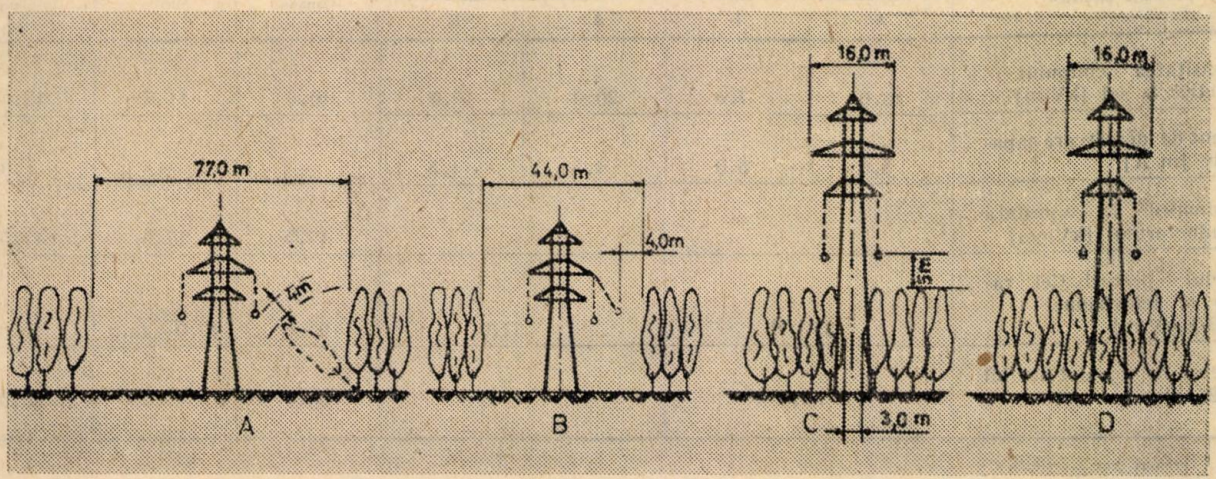


Fig. 3. Variante de construcţii de linii de traversare a pădurilor.

cazurile în care distanţele minime între vîrfurile arborilor şi conductorul cel mai apropiat depăşesc valorile :

— 6 m pentru linii de 400 kV ;
— 5 m pentru linii de 220 kV ;
— 4 m pentru linii de 110 kV ;

se defrişează numai un culoar de lucru de 3 m lăţime de-a lungul axului liniei. Astfel, la trecerea liniilor peste văi împădurite, se defrişează numai culoar de lucru, pe adîncul şi versanţii văilor, în condiţiile respectării distanţelor de mai sus, iar culoare de siguranţă, pe porţiunile din apropierea stîlpilor, unde nu se respectă aceste distanţe minime.

La intersecţia liniilor electrice aeriene cu drumuri cu circulaţie auto, precum şi cu căi ferate, culoarul de siguranţă defrişat prin pădure se întrerupe de o parte şi de alta a acestora pe o distanţă de 30—40 m de la ampriză, folosindu-se în acest scop stîlpi de înălţime corespunzătoare, care să permită trecerea conductoarelor pe deasupra arborilor. Se evită astfel aspectul inestetic al unor culoare defrişate, care sînt vizibile de pe calea ferată sau de pe drumuri. La stabilirea dimensiunilor culoarelor de siguranţă se ţine seama de înălţimile arborilor, considerînd o creştere timp de 5 ani de la punerea în funcţiune a liniei electrice aeriene.

La trecerea unei linii de 400 kV simplu circuit printr-o zonă foarte împădurită, s-a aplicat soluţia montării conductoarelor de aceeaşi parte a unor stîlpi pentru dublu circuit, putîndu-se astfel folosi un culoar existent de-a lungul unui drum, evitîndu-se defrişarea de noi suprafeţe împădurite (fig. 4).

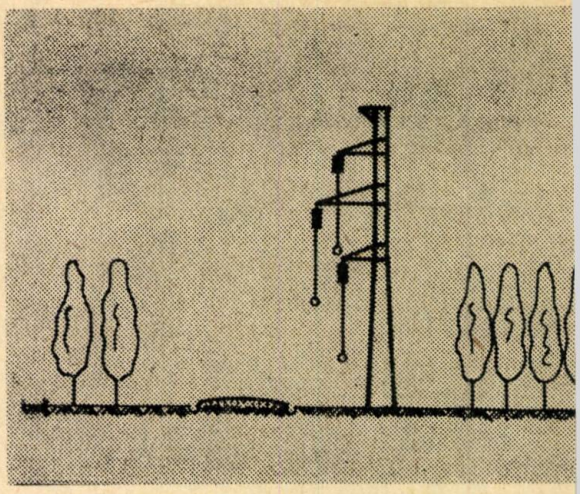


Fig. 4. Soluţie care permite reducerea culoarului de defrişa

3. Influenţele electrice ale liniilor asupra med lui şi populaţiei

Odată cu studiile şi proiectele prelimin pentru realizarea în perspectivă a unei li de 750 kV, necesară pentru interconexiunea sistemele energetice ale ţărilor vecine, s- analizat efectele cîmpului electric la suprafa conductoarelor şi la sol. Rezultatele aces studii şi proiecte preliminare s-au concreti în 1975 în „Condiţii tehnice provizorii" [în care s-au prevăzut pentru fiecare crite restrictiv valori-limită stabilite prin inves gaţii proprii sau prin asimilare cu preved din norme sau recomandări străine (tabelul Aceste valori urmează a se revizui în viitor special ca urmare a ultimelor concluzii la ca s-a ajuns pe plan internaţional privind efect cîmpului electric la sol.

Tabelu

Valori maxime ale influenţelor liniilor electrice aeriene asupra mediului înconjurător după reglementările diferitelor ţări

Influenţa electrică	S.U.A.		U.R.S.S.		Canada	Suedia	România
	A	B	A	B			
Intensitatea cîmpului electric la sol [kV/m]	13,0	7,5	20,0	10,0	10,0	11,6	12,0
Curent de descărcare capacitiv [m A]	5,0	5,0	4,5	4,5	—	—	5,0
Gradientul la suprafaţa conductorului [kV/cm]					17,5	17,6	17,5
Nivelul perturbaţiei radio şi televiziune [dB/1 μV/m]	37,0*)		34,0		67,5	40,0—45,0	40,0
Nivelul de zgomot auzibil [dB(A)]	52,0*)		—		60,0	45,0	60,0

A) Terenuri greu accesibile
B) Terenuri agricole
*) Pentru zone rezidenţiale

O serie de calcule destinate determinării valorilor intensității cîmpului electric la sol, ca și serie de măsurători de cîmp electric, sub linii ıu în stațiile de transformare, au fost efectuate în țara noastră în scopul cunoașterii situației 'eate în instalațiile existente și adoptării de ›luții și măsuri pentru menținerea în limite ːcesibile a valorilor care vor rezulta pentru ıstalațiile viitoare.

Cu ajutorul unui program de calcul automat aborat în acest scop, au fost determinate vaırile intensității cîmpului electric la sol, la ăltimea de 1,8 m în mijlocul deschiderii, penu liniile de tip constructiv uzuale în România, ı și pentru cele studiate pentru realizarea în erspectivă. Rezultatele calculelor sînt preıntate în tabelul 3.

Tabelul 3

ılori calculate ale intensității cîmpului electric la sol și e curentului de descărcare capacitiv pentru tipurile uzuale de linii din România

Tensiunea liniei [2] [kV]	Numărul de circuite	Înălțimea minimă deasupra solului [m]	Intensitatea cîmpului la sol [kV/m]	Curent de descărcare capacitiv [mA] [1]
110	1	6	1,8	0,18
	2	6	2,7	0,26
	4	6	3,2	0,32
220	1	7	3,8	0,50
	2	7	4,1	0,55
400	1	8	8,6	1,10
	2	8	8,0	1,20
750	1	12	12,0	2,30
1100	1	18	14,0	5,00

[1] Pentru obiecte avînd o capacitate de $0{,}25 \cdot 10^{-9}$ F

[2] Echipamentul liniilor:
110 kV — conductoare 1 × 240/40 mm² Al/OL;
220 kV — conductoare 1 × 450/75 mm² Al/OL;
400 kV — conductoare 3 × 450/75 mm² Al/OL;
750 kV — conductoare 4 × 450/97 mm² Al/OL;
1 100 kV — conductoare 8 × 450/97 mm² Al/OL.

Din analiza acestor rezultate au reieșit urătoarele:

a) În raport cu valorile maxime recomandate nă în prezent în diferite țări, ca și în țara ›astră, înălțimile conductoarelor față de sol ə liniilor pînă la 400 kV inclusiv, adoptate ıpă criteriul de izolație sînt suficiente pentru asigura condițiile prescrise pentru intensitea cîmpului electric.

b) Pentru linii cu tensiuni mai mari de 0 kV este necesar să se adopte, din condiții de np electric, distanțe între conductoare și l mai mari decît cele rezultate din condiții izolație.

c) Rezultatele de calcul sînt confirmate de măsurători [1], cu mențiunea că măsurătorile au creat posibilitatea introducerii unor factori de corecție funcție de natura suprafeței terenului și de specificul de acoperire a acestuia cu diferite culturi vegetale.

Concluziile la care s-a ajuns în urma cercetărilor întreprinse în multe țări în perioada 1972—1980 privind influențele biologice ale cîmpului electric permit în prezent reconsiderarea acestui criteriu de dimensionare a liniilor, în sensul ridicării nivelurilor maxime recomandate anterior.

În această situație, se va ajunge, pentru multe categorii de linii, la considerarea altui efect nefavorabil al cîmpului electric la sol, ca element determinant în dimensionarea liniilor, respectiv intensitatea curentului de descărcare capacitiv. Calculele arată (tabelul 3) că după acest criteriu, față de valorile maxime recomandate în unele țări (tabelul 2), distanțele la sol adoptate după criteriul de izolație satisfac și criteriul de curent de descărcare, pînă la tensiunile de serviciu ale liniilor de 400 kV inclusiv.

Pentru liniile de tensiuni mai mari de 400 kV, distanțele la sol, după criteriul curentului capacitiv, pot fi mai reduse decît acelea luate în considerare pînă în prezent, după criteriul efectelor biologice ale cîmpului electric.

Concluzii

Pentru reducerea suprafețelor de teren ocupate și micșorarea efectelor liniilor asupra lucrărilor agricole, trebuie să se adopte, la construcția liniilor, soluții care să conducă la folosirea intensivă a culoarelor liniilor. Dintre aceste soluții se utilizează în România: liniile cu două sau mai multe circuite pe aceiași stîlpi la tensiuni pînă la 400 kV, scheme simplificate de stații și centrale, demontarea unor linii pentru realizarea pe aceleași culoare a unor linii noi cu puteri de transport mărite, transformarea unor linii existente de 220 kV dublu circuit pentru a funcționa la 400 kV simplu circuit.

Conservarea pădurilor este un criteriu de bază pentru alegerea traseelor liniilor și pentru proiectarea soluțiilor constructive. În acest scop s-a impus acceptarea riscului căderii accidentale a copacilor peste conductoarele liniei și s-au adoptat măsuri de restrîngere la maximum a suprafețelor defrișate și de menținere a frumuseții pădurilor.

Influențele electrice asupra mediului și populației capătă o importanță deosebită pentru linii de tensiuni mai mari de 400 kV.

În România s-au stabilit condiții tehnice cuprinzînd valorile-limită ale acestor influențe,

care trebuie să fie avute în vedere la liniile de 750 kV în studiu pentru perspectivă. Ultimele cercetări pe plan mondial au arătat că la dimensionarea acestor linii criteriul efectelor biologice ale cîmpului electric nu mai este hotărîtor.

În această situație, distanțele conductoarelor față de sol sînt determinate de valoarea-limită a curentului de descărcare capacitiv.

Bibliografie

[1] Mihăileanu, C., Munteanu, C., Dăncilă, M., Stoica, V. și Crișan, S. *Mesure des champs électriques dans le voisinage du materiel haute tension et détermination de leur effets bio-physiologiques pert bateurs.* Rapport CIGRE 36-08-76.

[2] Militaru, P. și Petrescu, C. *La construction lignes électriques aériennes et la protection de l'environ ment.* În : Bul. ISPE, XVIII, nr. 1, 1975.

[3] Neag, Z. *Méthode et programme pour le calcul de l' tensité du champ électrique et des courants capacitifs sol produits par les lignes électriques aériennes à très ha tension.* În : Bul. ISPE, XXIII, nr. 4, 1980.

[4] * * * *Normativ privind construirea și repararea linii electrice aeriene ce traversează terenuri cu destinație ag colă.* 1978.

[5] * * * *Normativ privind construirea și repararea linii electrice aeriene ce traversează păduri.* 1978.

[6] * * * M.E.E. *Condiții tehnice provizorii pentru li electrice aeriene de foarte înaltă tensiune.* 1976.

(Articol intrat în redacție la 16 noiembrie 19

Invenții-inovații

Procedeu de obținere a unui aditiv de combustie

— Cerere de brevet nr. 69 362
— Brevet România nr. 61 443

Autori : Ing. **Vana Viorica Neațu**, ing. **Aurel Cobzaru**, dr. chim. **Maria Maftei**, ing. **Teodor Popa**, ing. **Ilie Moia**, ing. **Vasile Zaharia**, ing. **Ion Oprescu**, și ing. **Dinu Selegeanu**

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) București

Invenția de față se referă la un procedeu de obținere a unui aditiv de combustie pe bază de oxid de magneziu hidratat sau nu, suspendat într-un derivat de petrol.

Se știe că utilizarea combustibililor lichizi la ardere în cazanele termocentralelor sau ale altor tipuri de instalații termice este avantajoasă din punct de vedere economic, prezentînd în același timp facilități în ceea ce privește alimentarea, manipularea sau depozitarea combustibilului. Combustibilii lichizi proveniți din diferite etape de prelucrare a țițeiului sînt mult folosiți în termocentrale, fără a ridica probleme speciale, dacă nu conțin impurități indezirabile, cum ar fi compuși cu sulf, cu vanadiu sau sodiu. Aceste impurități dau naștere prin combustie, în anumite condiții favorabile, la oxizi care intră în combinație cu suprafețele metalice ale schimbătoarelor de căldură de pe traseul gazelor de ardere, producînd avarierea agregatelor și ducînd la pagube considerabile în sistemul energetic. Zonele principale de pe traseul gazelor de ardere la cazanele ce utilizează astfel de combustibili vizate de astfel de coroziuni sînt : zona supraîncălzitorului, unde temperatura medie pe exteriorul țevilor este de circa 600°C, și zona preliminară rece a cazanului, și anume preîncălzitoarele de aer, canalele de gaze de ardere și coșurile de fum. Prin oxidarea vanadiului din compușii organici ce se găsesc în combustibili, în prezența unui exces de aer α de peste 1,02, se formează, proporțional cu creșterea acestui exces de aer, pentaoxidul de vanadiu, cu punctul de înmuiere de 625°C. În aceste condiții cenușa este lipicioasă, aderă la țevile schimbătoare de căldură și provoacă depuneri cantitative, ce duc la micșorarea transferului de căldură și deci și a randamentului cazanului. Pe lîngă acest neajuns, cenușa depusă intră în interacțiune cu metalul, provocînd migrația ionilor de fier și molibden sau crom, fapt ce micșorează rezistența țevilor și produce incidente grave. Aceste acțiuni de coroziune sînt mult intensificate cînd pentaoxidul de vana intră în combinație cu anhidrida sulfurică din gazele de ard și cu oxizii de vanadiu, cu producerea unor compuși foa agresivi și cu puncte joase de înmuiere. În același timp cenu bogată în oxizi de vanadiu, catalizează reacția de oxidar bioxidului de sulf la trioxid de sulf, ceea ce facilitează f marea acidului sulfuric, cu consecințe ușor de întrevăzut asu preîncălzitoarelor de aer, a căror viață este scurtată cu 6(din timpul calculat fără aceste inconveniente. În conclu se poate afirma că la arderea combustibililor lichizi ce con ca impurități compuși ai sulfului, vanadiului și sodiul problemele de coroziune devin un factor limitativ în expl tarea corespunzătoare a instalațiilor termice. Din acea cauză s-au propus numeroase soluții tehnice pentru dimin rea efectelor corosive produse de impuritățile indezirabile pot fi prezente în combustibilul lichid. Printre soluțiile c mai eficace se pot menționa în primul rînd folosirea în pro sul de ardere a unor aditivi de combustie, dintre care se marcă în special cei pe bază de oxizi de magneziu, alumi și mangan. Acțiunea oxidului de magneziu în combate coroziunii constă în afinitatea puternică și interacțiu chimică a acestuia cu oxizii de vanadiu și sulf în condiț temperaturilor din focar. Se obțin în acest mod compuși puncte de topire ridicate, respectiv vanadați sau sulfați magneziu, care duc la formarea unei cenuși ce nu se mai p zintă în stare topită și poate fi ușor înlăturată, fiind pul rulentă. Este de la sine înțeles că, cu cît contactul din oxidul de magneziu și oxizii de vanadiu și de sodiu este r intim în focar, cu atît reacția decurge în mai bune condi motiv pentru care este de dorit ca particulele de oxid magneziu să fie foarte fine și să fie uniform dispersate lichidul-suport, ceea ce permite o bună dozare a aditivul În scopul realizării acestui deziderat aditivii de combus se adaugă combustibilului fie înainte de ardere, fie în tim arderii sau, mai rar, în timpul depozitării. Pentru a putea ușor de manipulat și de dozat, substanțele aditive anorgani formate din unul sau mai mulți hidroxizi metalici, se disp sează într-un lichid-suport, care trebuie să fie și el comb tibil. De gradul de dispersie, precum și de stabilitatea în ti a dispersiei, va depinde buna dozare deci și înalta eficacit a aditivului. Realizarea unei dispersii avansate și stab în timp, se efectuează utilizînd lichide-suport special p parate, cum ar fi uleiuri minerale compoundate cu a organici și agenți activi de suprafață. Chiar și la finețea marcabilă a particulelor anorganice și utilizînd lichide-sup speciale, sedimentarea fazei solide este greu de împiedic ceea ce afectează negativ dozarea și manipularea aditivil

Procedeul ce constituie obiectul acestei invenții înlăt aceste dezavantaje, prin aceea că pulberea fină anorgani avînd dimensiunile particulelor mai mici de 25 μ, se amest

*) Rublică întocmită de ing. C. Văideanu—ICEMENERG

im într-un utilaj adecvat cu un lichid-suport format din-un ulei ușor, la care se adaugă 1—15% din greutatea to-ă a aditivului, reziduuri rezultate la distilarea produsului it al reacției de hidrogenare a acizilor grași naturali sau tetici în vederea obținerii alcoolilor superiori, raportul în utate între faza solidă și faza lichidă care constituie adi-ul fiind superior valorii de 0,5.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției. La 510 g ulei mineral ușor avînd o viscozitate de 2°E la °C, încălzit la 60°C, se adaugă sub agitare 70 g reziduu solid la distilarea produsului brut al reacției de hidrogenare a zilor grași naturali cu peste 16 atomi de carbon, pînă la mpleta sa dizolvare.

Reziduul folosit, care este un amestec de alcooli grași $_{-22}$, esteri ceroși și acizi grași, are următoarele caracteris-i :

indice de aciditate, mg KOH/g	5,77
indice de OH, mg KOH/g	63,29
indice de saponificare	67,68
reziduu de calcinare	0,043% greutate

La lichidul-suport astfel obținut se adaugă treptat 420 g oxid de magneziu avînd dimensiunea particulelor sub 25 μ și o suprafață specifică de 40 m²/g.

Amestecarea celor două faze se realizează într-o moară cu bile timp de 20 de ore. Se obține o suspensie fluidă cu bune proprietăți de curgere, cu stabilitate foarte bună, fără a se observa după 60 de zile modificări ale dispersiei.

Avantajele procedeului prezentat sînt următoarele :

— se asigură o bună stabilitate a aditivului ;

— nu se alterează puterea calorifică a combustibilului lichid ;

— se realizează printr-o tehnologie simplă și cu materii prime ieftine, rezultate ca reziduuri în alte procese ;

— poate fi utilizat în orice raport față de combustibil, în funcție de conținutul acestuia în elemente corosive.

Bibliografie

[1] x x x Brevet Franța, nr. 1 571 182.

rocedeu și instalație de aditivare păcurii sulfuroase prin dozare ı ejector aferentă cazanelor mari ɛ abur și apă fierbinte

— Cerere brevet nr. 96 440
— Brevet România nr. 75 568

Autori : Ing. **Vana Viorica Neațu**, ing. **Georgeta Magdalena Matei**, ing. **Florin Vasile** și dr. chim. **Maria Maftei**

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) București

Invenția descrisă se referă la un procedeu și la o instalație aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu ejector, afe-tă cazanelor mari de abur și apă fierbinte, în care aditivul combustie fabricat conform brevetului de invenție R.S.R. 61 443 (suspensie coloidală de oxid de magneziu în ulei neral) este injectat în conducta de păcură.

Aditivii de combustie a păcurii cu conținut ridicat de sulf vanadiu sînt utilizați în scopul reducerii intensității feno-nelor de coroziune de joasă și de înaltă temperatură și al bilizării depunerilor.

Sînt cunoscute procedee și instalații de aditivare a păcurii uroase în care sînt utilizați diverși aditivi : aceștia sînt oduși fie în combustibil—direct într-un rezervor-tampon înainte de injector, cu ajutorul unei pompe dozatoare —, direct în cazan — atît în mod continuu în zona de combus-cît și discontinuu, în zona depunerilor. Aceste procedee zintă o serie de dezavantaje ; spre exemplu, procedeele care insuflarea aditivului are loc direct în cazan au o efi-ță redusă, întrucît reacția de formare a anhidridei sulfu-și a pentaoxidului de vanadiu, elementele nocive care la apariția fenomenelor de coroziune de joasă, respectiv înaltă temperatură, are loc anterior introducerii aditi-ui în focar. În cazul utilizării procedeelor prin care aditi-este introdus în combustibil direct într-un rezervor-tam-apar ca dezavantaje atît faptul că nu se realizează o stecare intimă a acestuia cu păcura sulfuroasă, deci nu bține o bună omogenizare, cît și acela că se creează posi-tatea sedimentării aditivului în timp, pe fundul rezervo-ui și pe conductele spre arzătoare, deci a unor eventuale urări a secțiunii conductei de combustibil sau chiar a r înfundări.

rocedeele de dozare cu ajutorul pompelor dozatoare în-ră dezavantajele procedeelor de mai sus, dar instalațiile aferente sînt puțin robuste și creează dificultăți în exploa-tare.

Procedeul ce constituie obiectul acestei invenții înlătură dezavantajele amintite, permițînd o amestecare intimă a aditivului fabricat conform brevetului R.S.R. nr. 61 443 cu combustibilul, ceea ce duce la o diminuare substanțială a efectelor coroziunilor și depunerilor, concomitent cu utiliza-rea unei instalații simple și robuste, care asigură creșterea siguranței în exploatare.

Aditivul de combustie se dozează în funcție de conținutul de sulf și vanadiu din păcură, de valoarea excesului de aer și de starea suprafețelor schimbătoare de căldură.

Doza optimă de aditiv injectată se calculează astfel încît raportul gravimetric între conținutul de magneziu din aditiv și cel de vanadiu din păcură să fie : $Mg/V = (1{,}8 - 2{,}8)/1$. La arderea păcurii cu un conținut de 420 t/h abur cu un exces de aer de 7—25%, s-a constatat că prin aditivare are loc o scădere a conținutului de anhidridă sulfurică în gazele de ardere de la 25—45 p.p.m. la 7—12 p.p.m., ceea ce duce la o scădere a punctului de rouă acid cu 18—28°C ; ca urmare are loc o reducere a coroziunii sulfurice (de joasă temperatură) cu 50—70%. De asemenea, aditivarea are ca efecte diminua-rea intensității procesului de coroziune vanadică (de înaltă temperatură) cu circa 80% și friabilizarea depunerilor.

Procedeul și instalația de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu ejector aferentă cazanelor mari de abur și apă fierbinte utilizează păcura drept fluid de antrenare, fapt ce permite o amestecare intimă a aditivului cu combustibilul, avînd ca efect creșterea eficienței aditivării.

Conform procedeului de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu ejector debitul de aditiv se autoreglează în funcție de cantitatea de fluid de antrenare (păcura).

Procedeul descris se realizează prin intermediul unor instalații care pot fi concepute în mai multe variante. În cele ce urmează se dau două exemple de realizare a invenției (fig. 1 și 2).

În primul exemplu (fig. 1) după trecerea prin treapta I de pompare *1* și încălzitoarele *2*, păcura avînd temperatura de 110—130°C și presiunea de 5—15 kgf/cm² este aspirată de pompa cu roți dințate *3* și trimisă în ejectorul *4*. Aditivul existent în rezervorul de consum *5* la presiune atmosferică și temperatura de 20—40°C este antrenat de fluidul primar și introdus în conducta de păcură dintre încălzitoarele *2* și treapta a II-a de pompare *6*. Ventilele prevăzute în schemă au următoarele roluri : *7* — de separare, *8* — de reglare a debitului de păcură ce trece prin ejector, *9* — de separare și eventual de reglare a debitului de aditiv. Debitul fluidului de antrenare (proporțional cu debitul de păcură ce alimentează cazanele) se reglează inițial — manual sau automat — cu

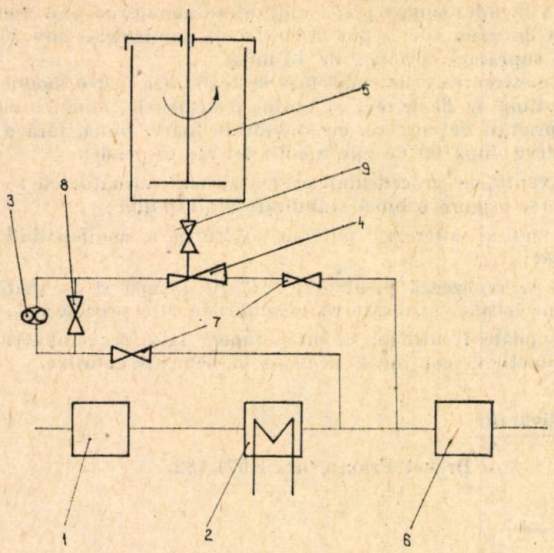


Fig. 1. Schema instalației de dozare a aditivului cu ejector în care fluidul primar — păcura — este antrenat cu ajutorul unei pompe cu roți dințate.

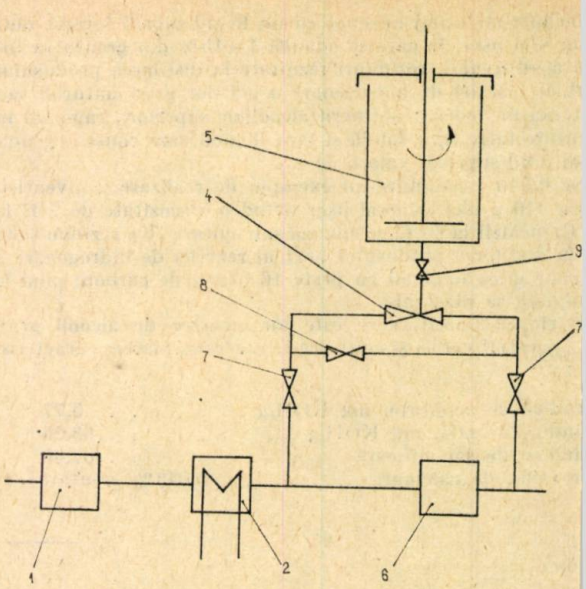


Fig. 2. Schema instalației de dozare a aditivului cu ejec în care fluidul primar — păcura — este antrenată dator diferenței de presiune existentă între treapta a II-a treapta I de pompare.

ajutorul ventilului de by-pass, în funcție de doza de aditiv prescrisă. La variația debitului de păcură are loc o modificare proporțională a debitului fluidului primar ce trece prin ejector, ceea ce determină variația corespunzătoare a debitului de aditiv, fapt ce permite menținerea constantă a dozei prescrise.

Controlul debitului de aditiv injectat (calculat în funcție de cantitatea orară de păcură utilizată la cazan) se realizează printr-un sistem de urmărire a nivelului aditivului în rezervorul de consum (miră cu flotor etc.).

În exemplul al doilea (fig. 2), aducerea păcurii în ejector nu se mai face prin antrenare cu pompa cu roți dințate, ci se folosește diferența de presiune existentă între treapta a II-a (25—45 kgf/cm^2) și treapta I de pompare (5—15 kgf/cm^2).

Procedeul și instalația de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu ejector aferentă cazanelor mari de abur și apă fierbinte prezintă următoarele avantaje :

— permite o amestecare intimă a aditivului cu combustibilul, fapt ce duce la creșterea eficienței aditivării și, ca urmare, la diminuarea substanțială a efectelor coroziuni de joasă și de înaltă temperatură și la friabiliza depunerilor ;

— debitul de aditiv se autoreglează în ejector în funcție de debitul de păcură, menținîndu-se constantă doza prescr fapt ce permite o exploatare simplă și sigură a instalați

— simplitatea și robustețea instalației duc la crește siguranței în funcționare.

Bibliografie

[1] x x x Brevete Franța nr. 2 155 917 ; 2 196 382.

[2] x x x Brevete S.U.A. nr. 3 692 503 ; 3 926 5 3 980 449.

Manifestări tehnico-științifice

1. *Colocviul național al tineretului pe probleme de fizică și domenii conexe* cu tema : **„Tineretul, fiziea și progresul tehnico-științific"**

Organizator : Comitetul U.T.C. din Centrul național de fizică
Consiliul ASC din Facultatea de fizică a Universității București
Data : martie 1982
Locul : Platforma Centrului național de fizică București-Măgurele

Lucrările colocviului se vor desfășura pe trei secțiuni paralele :

A. Fizica și progresul general al cunoașterii (fizică nucleară și particule elementare, fizica solidului și a plasmei, astrofizică, fizica pămîntului și seismologie, fizica atmosferei, biofizică.

B. Fizica și tehnologiile neconvenționale (metodici nucle și probleme de inginerie nucleară, laseri plasmă și aplicați lor, noi materiale pentru tehnologii speciale).

C. Noi surse și tehnologii energetice (energetică nuclea energie solară, energie eoliană, economisirea energiei).

Pentru informații suplimentare vă puteți adresa Com tului de organizare al Colocviului național al tineretulu Institutul Central de fizică — CP Mg6, București-Măgur

2. **A IX-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice în domei automatizărilor**

Organizator : Institutul de cercetare științifică și ingin tehnologică pentru automatizări, tehnică calcul și telecomunicații
Data : 27—28 mai 1981
Locul : Sala Palatului R.S.R.

Lucrările celei de-a IX-a sesiuni IPA vor fi axate pe urr toarele teme majore :

*) Rubrică întocmită de Florica Crețu — ICEMENERG.

— Instalații și sisteme de automatizare
— Eficiența economică a automatizărilor
— Echipamente de automatizare pentru roboți, mașini-unelt acționări electrice-reglabile
— Echipamente de calcul și teleprelucrare de date, tehnoia produselor, testoare automate
elații suplimentare se pot obține la telefon 33.00.90/188 — A Comitetul de organizare.

A III-a Conferință națională de acționări electrice

ganizator : Universitatea din Brașov, Ministerul Educației și Învățământului și Ministerul Industriei de Mașini-Unelte, Electrotehnică, Electronică.
ta : 28—30 mai 1982
cul : Brașov
ctiile conferinței vor fi :

zele sistemelor de acționare electrică

Calculul sistemelor de acționare electrică
Sisteme convenționale de acționare electrică
Energetica sistemelor de acționare electrică
Modelarea sistemelor de acționare electrică
ctronica de putere în sistemele de acționare electrică
Convertizoare pentru alimentarea sistemelor de acționare ctrică de curent continuu și curent alternativ
Sisteme de acționare electrică alimentate de la convertire
manda sistemelor de acționare electrică
Sisteme automate de reglare a acționărilor electrice
Comanda numerică a acționărilor electrice
Tehnica microprocesoarelor în sisteme de acționare elecă
Sisteme de comandă cu mașini electrice speciale
ormații suplimentare se pot obține la telefon (921)41580/ , Universitatea Brașov.

Consfătuire de lucru cu tema : **„Folosirea rațională și protecția apelor în localități, industrie și agricultură"**

ganizator : Consiliul Național al Apelor
ta : mai 1981
cul : București

natica consfătuirii va cuprinde :

bleme de interes general tuturor domeniilor

Stadiul îndeplinirii tuturor prevederilor legale în domeniul sirii și protecției calității apelor
Tehnologii de tratare și epurare a apelor uzate
Valorificarea substanțelor utile din apele uzate
— Măsurarea debitelor de apă captate, consumate, evacuate, analiza folosirii apei la nivelul normelor tehnologice și de produs
— Aparatură, materiale utilizate în transportul, tratarea și epurarea apei

Pentru industrie

— Introducerea și ameliorarea normelor de cerință, consum și evacuare poluanți raportate la unitatea de produs finit
— Rolul tehnologiei în realizarea economiei de apă și protecția calității
— Reutilizarea, recircularea apelor
— Valorificarea substanțelor utile din apele uzate și nămolurile rezultate de la epurare
— Prevenirea și combaterea poluării apelor subterane
— Laboratorul ca instrument operativ în conducerea științifică a proceselor tehnologice de tratare, folosire și epurare a apei

Relații suplimentare se pot obține la telefon 15.91.84, tov. ing. G. Pretorian sau 13.68.80/174, ing. V. Chercea — CNA — DPAFA

5. Conferința națională de electrotehnică și electroenergetică

Organizator : C.N.S.T., M.E.I., M.E.E., M.I.C.M.U.E.E.
Data : 9—11 septembrie 1982
Locul : Timișoara

Secțiile conferinței :

1. Bazele electrotehnicii
2. Transformatoare electrice
3. Generatoare electrice
4. Motoare electrice rotative și liniare
5. Convertoare statice de putere
6. Acționări electrice
7. Electrotermie și iluminat
8. Materiale electrotehnice
9. Aparate electrice
10. Transportul și distribuția energiei electrice
11. Supratensiuni și coordonarea nivelului de izolație
12. Funcționarea și reglarea sistemelor electroenergetice
13. Conducerea, comanda și planificarea dezvoltării sistemelor electroenergetice

Informații, corespondență CNEE'82 :
Dr. ing. Ion Boldea (secțiile 1—8) — telefon (961) 1 71 51
Dr. ing. Ovidiu Crișan (secțiile 9—13) — telefon (961) 1 38 75
Facultatea de electrotehnică, Bd. Vasile Pârvan nr. 2, 1900 Timișoara

Recenzii

BALAURESCU | și M. EREMIA
ounătățirea factorului de putere. Edia tehnică, București, 1981, 255 p.

Problema puterii și energiei electrice ctive, precum și compensarea acesa (îmbunătățirea factorului de putere), onstituit totdeauna una dintre prinalele preocupări ale gospodăriei elecnergetice, atît a furnizorilor de ener electrică cît și a consumatorilor. Din st punct de vedere, preocupările științce privind puterea și energia electrică ctivă au o veche tradiție în țara stră. Astfel, lucrări cu caracter pionierat, pe plan mondial, în domeniul fenomenelor reactive și deformante au fost elaborate, și s-au bucurat de o largă audiență în rîndul specialiștilor la timpul respectiv, de către C. I. Budeanu, Pl. Andronescu ș.a. Sînt bine cunoscute, recunoscute și apreciate contribuțiile remarcabile în acest domeniu ale prof. dr. doc. ing. I. S. Antoniu — membru coresp. al Academiei R.S.R. —, acad. A. Avramescu și ale altor specialiști români, care și astăzi continuă să se găsească în fruntea detașamentelor de cercetători, cu realizări deosebite ce privesc fenomenele reactive și deformante în rețelele sistemelor electroenergetice.

În aceeași sferă de preocupări, a aplicațiilor tehnico-inginerești, se înscrie și lucrarea pe care o recenzăm și care, ca monografie românească, este a doua, apărută cronologic, după lucrarea prof. Gh. Petrescu — *„Factorul de putere în rețelele electrice"*, publicată, prin grija Editurii tehnice, în 1957.

Înscrisă în contextul măsurilor ce privesc economisirea energiei electrice în transportul, distribuția și utilizarea acesteia, cartea la care ne referim reușește să sintetizeze aproape în întregime toate problemele legate de proiectarea, construcția, exploatarea și întreținerea instalațiilor de compensare a energiei

și puterii reactive, inclusiv să expună și să analizeze întreg ansamblul de măsuri tehnico-organizatorice menite a avea drept efect îmbunătățirea factorului de putere în instalațiile furnizorului și, respectiv, consumatorului de energie electrică.

Lucrarea este concepută și structurată pe șase capitole, inclusiv șase anexe, a căror succesiune au în vedere două părți mari; o primă parte se referă la problematica generală a factorului de putere în instalațiile electrice, iar cea de-a doua parte abordează mijloacele naturale și, respectiv, artificiale de ameliorare a factorului de putere.

Astfel, în cadrul capitolului 1 se fac considerații generale asupra factorului de putere din instalațiile electrice, și anume: implicațiile factorului de putere asupra economiei energiei, mijloace și metode de măsurare a factorului de putere în instalații monofazate și trifazate simetrice, definirea factorului de putere în regim nesinusoidal (deformant) precum și problemele care privesc pierderile de energie datorită componentei reactive a puterii transportate, distribuite și consumate.

În capitolul 2 sînt prezentate cauzele și efectele unui factor de putere redus în rețelele electrice.

În scopul stabilirii cauzelor scăderii factorului de putere sînt analizate mai întîi caracteristicile reactive ale principalilor consumatori de putere reactivă: motoare asincrone, transformatoare electrice, linii electrice și consumatorii deformanți.

În categoria efectelor unui factor de putere redus sînt prezentate și analizate următoarele aspecte: creșterea pierderilor de putere activă, investiții suplimentare în centrale și rețele, creșterea pierderilor de tensiune în rețele, reducerea capacităților instalațiilor energetice, perturbații pe liniile telefonice, în transmisiile radio și televiziune datorită puterii deformante etc.

Un subcapitol întreg al acestui capitol din lucrare se ocupă exclusiv de influența regimului deformant asupra funcționării bateriilor de condensatoare. Remarcăm însă faptul că ar fi fost util ca autorii să abordeze în acest subcapitol și efectele negative asupra bateriilor de condensatoare provocate de rezonanțele posibile pe armonicile superioare — cu implicații directe în legătură cu supraîncărcarea și, respectiv, supratensionarea acestor baterii, foarte răspîndite la ora actuală în instalațiile IRE și ale consumatorilor industriali.

Capitolul 2 se încheie cu expunerea problematicii care se referă la nivelul tensiunilor în instalațiile electroenergetice (consecințe ale variațiilor de tensiune în rețelele electrice și rolul rețelelor de diverse tensiuni în menținerea nivelului de tensiune).

Capitolul 3 abordează tematica îmbunătățirii factorului de putere prin utilizarea de mijloace naturale (măsuri cu caracter tehnico-organizatoric).

În categoria acestor mijloace sînt expuse principalele măsuri care, odată luate, au drept consecință ridicarea valorii factorului de putere în rețele: funcționarea în regim economic a transformatoarelor din punctul de vedere al pierderilor, alegerea transformatoarelor din posturi pe baza aplicării criteriului minimului cheltuielilor actualizate totale, reparația și înlocuirea motoarelor electrice asincrone supradimensionate, modificarea conexiunilor din triunghi în stea, folosirea limitatoarelor de mers în gol ș.a.

Util și important ar fi fost ca în cadrul acestui capitol să se fi făcut și referiri la regimul optim de funcționare a marilor consumatori industriali sub aspectul compensării puterii reactive (curbe de sarcină, echilibrarea schimburilor etc.) — problemă de bază a energeticienilor care activează în exploatarea și întreținerea instalațiilor electrice.

Capitolul 4 este rezervat problemelor îmbunătățirii factorului de putere prin mijloace speciale, care constau din folosirea surselor specializate de putere reactivă: baterii de condensatoare statice și compensatoare sincrone.

Ponderea cea mai mare a acestui capitol o dețin problemele de utilizare a condensatoarelor statice, tipuri de compensare a puterii reactive (individuală, pe grupe de receptoare, centralizată, mixtă), tipuri de condensatoare ce se folosesc în țara noastră, scheme de conexiuni, elemente de calcul ale bateriilor de condensatoare, protecția și comanda acestor baterii.

În cea de-a doua parte a capitolului 4 al lucrării este prezentată utilizarea compensatoarelor sincrone pentru îmbunătățirea factorului de putere și reglajul tensiunii în rețelele electrice ale sistemelor energetice. Materialul expus se referă la descrierea și funcționarea compensatoarelor sincrone: caracteristici tehnice, pornirea și sistemul de excitație, instalația de ungere, instalația de răcire cu apă și cu hidrogen, instalațiile de protecție ș.a.

Capitolul 5 se ocupă de proiectarea instalațiilor pentru îmbunătățirea factorului de putere: stabilirea și amplasarea surselor specializate de putere reactivă, alegerea puterii și ordinea de amplasare a acestora, montarea bateriilor de condensatoare, criterii și calcule tehnico-economice pentru alegerea variantei optime de compensare. Capitolul conține și exemple de calcul de proiectare (dimensionare și verificare) referitoare la utilizarea bateriilor de condensatoare. Întregul material prezentat se sprijină pe instrucțiunile, prescripțiile și îndrumarele de proiectare din țară, elaborate în cadrul Ministerului Energiei Electrice.

Ultimul capitol al cărții, capitolul 6, prezintă problemele de exploatare și întreținere a instalațiilor cu condensatoare: măsuri de protecție și igienă a muncii, urmărirea și supravegherea o rativă a bateriilor de condensato întreținerea acestora, activitatea de venire și de analiză a avariilor.

În finalul lucrării sînt date 6 an ce conțin elemente tehnice și mate tice (trigonometrice) necesare calcul de proiectare a bateriilor de conden toare.

Așa cum s-a văzut, lucrarea e axată, în mod deosebit, pe utiliza condensatoarelor ca mijloace de b privind îmbunătățirea factorului de tere și aceasta datorită multiplelor av taje de natură tehnico-economică care acestea le au.

Tocmai datorită acestor avanta în ultimul timp, bateriile de conden toare cunosc o foarte largă răspîndire rețelele electrice.

Precizăm însă că, în același timp, largă răspîndire capătă și receptoar electrice pronunțat neliniare (dispo tive electronice de putere), ceea ridică probleme deosebit de delicate privire la compensarea concomite atît a fenomenelor reactive, cît și fenomenelor deformante în rețelele el trice.

Sub acest aspect cartea la care referim ar putea fi completată, într eventuală nouă ediție, cu elemente p lucrate din PE-M.E.E.-143/1980 „*N mativ privind limitarea regimului de mant*", care se referă și la acțiunea compensare a puterii reactive în p zența și a puterii deformante în rețel electrice — problemă foarte prezentă publicațiile periodice de specialitate a din țară cît și din străinătate.

Făcînd însă abstracție de aceste co pletări utile și posibile, cartea constit un prețios ajutor pentru electricie avînd merite didactice și științifice contestabile și care o fac accesibilă utilă unui cerc larg de specialiști.

A scrie o carte la nivelul unei ga cît mai largi de specialiști, sub aspec pregătirii, nu este în general un luc ușor.

Autorii lucrării au meritul de a reușit să închege armonios un mater răspîndit în diverse lucrări și să sco o monografie care, în domeniul abord va constitui, credem, multă vreme manual de bază. Este locul aici să am tim pe regretatul dr. ing. D. Balaure — unul din autorii cărții — dispărut m prea timpuriu dintre noi și care, lîngă pregătirea științifică, beneficia de o experiență bogată de exploat și întreținere a instalațiilor electroen getice, fapt ce a imprimat, negre lucrării și un caracter profund pract aplicativ. Aceasta conferă lucrării mare utilitate, ceea ce desigur îi asigura o bună primire în rîndul citi rilor.

Ing. **Romulus Sfichi**

Din sumarul revistelor

VOROTNIŢKI V. E. şi JELEZNO, I. S. Măsuri destinate reducerii pierderilor de energie electrică în reţelele electrice ale sistemelor energetice (Meropriiatiia po snijeniiu poteri elektroenerghii v elektriceskih seteah energosistem). Energhetik, nr. 6, 1980.

RÎŢLIN A. M. Calculele pierderilor de energie electrică în reţele (Rasciotî poteri elektroenerghii v seteah). Energhetik, nr. 6, 1980.

ANTROPOV, A. V. şi IVANCENKO, P. P. Automatizarea regimului nămolului agenţilor de limpezire a instalaţiei de epurare chimică a apei (Avtomatizaţiia şlamovovo rejima osvetlitelei himvodoocistki). Energhetik, nr. 6, 1980.

GLADCENKOV, I. V. şi IANIS, I. P. Semnalizator al nivelului cenuşii în buncărele instalaţiilor pentru separarea prafului din gaze şi ale electrofiltrelor (Signalizator urovnea zoli v bunkerah ţiklonov i elektrofiltrov). Energhetik, nr. 6, 1980.

HARTOVSKI, V. G. şi BURÎGHIN, V. I. Dispozitiv semnalizator de avertizare în caz de avarie pentru reţelele de distribuţie ale sistemelor energetice (Ustroistvo avariino — predupreditelnoi signalizaţii dlea raspredelitelnih setei energosistem). Energhetik, nr. 6, 1980.

BUGAI, N. V. şi VANEA, G. F. Căile de sporire a capacităţii de funcţionare a ţevilor cazanelor (Puti povîrşeniia rabotosposobnosti trub kotlov). Energhetik, nr. 6, 1980.

OSOTOV, V. N. şi AHMANAEV, V. I. Introducerea noilor metode de determinare a avariilor ce se extind la transformatoarele de forţă din Sverdlovenergo (Vnedrenie novîh metodov diagnostiki razviVaiuşcihsea povrejdenii silovîh transformatorov v Sverdlovenergo). Energhetik, nr. 6, 1980.

KAZANŢEV, V. N., KOMOLEV, I. M. ş.a. Organizarea activităţii de diminuare a pierderilor de energie electrică în sistemele energetice (Organizaţiia raboti po snijeniiu poteri elektroenerghii v energosistemah). Energhetik, nr. 7, 1980.

BABAEV, G. S. Aplicarea calculatoarelor electronice în perfecţionarea evidenţei, analizei şi planificării pierderilor de energie electrică în reţele (Primenenie EVM dlea soverşenstvovaniia uciota, analiza i planirovaniia poteri elektroenergii v seteah). Energhetik, nr. 7, 1980.

RUDGARŢEV, R. E. Aplicarea mijloacelor moderne de mecanizare a muncii în întreprinderea centrală de reţele electrice Virniţki (Primenenie sovremennîh sredstv mehanizaţii truda na Viniţkom ţentralnom predpriiatii elektriceskih setei). Energhetik, nr. 7, 1980.

RÎBACIKOV, S. V. şi RUPANOV, G. V. Obţinerea caracteristicilor de consum ale turbinelor în desfăşurarea încercărilor rapide (Polucenie rashodnîh harakteristik turbin v hode ekspressispitanii). Energhetik, nr. 7, 1980.

GRÎK, S. I. şi TRAVKINA, M. S. Curăţirea schimbătoarelor de ioni tip FSD-BOU de produsele de coroziune (Ocistka ionitov FSD-BOU ot produktov korrozii). Energhetik, nr. 7, 1980.

ZEREBREANSKI, V. I. Mărirea factorului de putere şi a coeficientului de siguranţă a dispozitivelor excitatoare cu tiristoare pentru motoarele sincrone ale morilor cu bile (Povîşenie koeffiţienta moşcinosti i nadiojnosti tiristornîh vozbuditelnîh ustroistv sinhronnîh dvigatelei şarovîh melniţ). Energhetik, nr. 7, 1980.

KOVALEV, N. G. şi IANUŞEV, P. I. Sporirea fiabilităţii CET în cazul decuplării turbinelor de înaltă presiune (Povîşenie nadiojnosti raboti TEŢ s nadstroikoi pri ekstrennîh otkliceniiah turbin visokogo davleniia). Energhetika, nr. 7, 1980.

MIHAILOV, V. A. Semnalizarea în caz de incendiu în încăperile în care există cabluri cu semnalizatoare de incendiu radioactive (Pojarnaia signalizaţiia v kabelnîh pomeşceniiah s radioaktivnîmi izveşciateleami). Energhetika, nr. 7, 1980.

SMIRNOV A. N. şi NAUMOV, V. P. Sporirea duratei de lucru a echipamentului termoenergetic, care a funcţionat în timpul perioadei calculate de exploatare (Uvelicenie srok slujbî teploenergheticeskovo oborudovaniia, prorabotavşego rasciotnîi srok). Energhetik, nr. 8, 1980.

GHERVIŢ, M.B., HRAPUNOV, S. S. ş.a. Măsuri de prevenire a incendiilor în centrala electrică raională de stat Iriklinskaia (Pojarno-profilakticeskaia rabota na Iriklinskoi GRES). Energhetik, nr. 8, 1980.

GHERŞENOVICI, E. M. şi WULFIN, V. I. Purificarea eficientă a apei prin metoda coagulării electrolitice (Effektivnaia oscistka vodî elektroliticeskim koagulirovaniem). Energhetik, nr. 8, 1980.

DOLINA, V. I. şi ABBASOVA, E. M. Determinarea momentelor rezistenţei morilor tip MRS-240, cu timp mediu de funcţionare (Ob opredelenii momentov soprotivleniia srednehodnoi melniţi MRS-240). Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1981.

FARZANE, N. G., MIASNIKOV, E. A. ş.a. Selecţia şi metoda de calcul a schemei electrice a sistemului de control automat a compoziţiei condensatorului turbinelor de abur pentru CTE cu apă de răcire de mare (Vîbor i metod rasciota elektriceskoi shemî sistemî avtomaticeskovo kontrolea sostava kondensata parovîh turbin na TES s ohlajdaiuşcei morskoi vodoi). Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1981.

ERŞEVICI, V. V. şi AVRAMENKO, A. V. Folosirea maşinilor de calcul pentru analiza rezultatelor calculului regimului stabil al reţelei electrice buclate (Primenenie EVM dlea analiza rezultatov raşciota ustanovivşegosea rejima slojnoi elektriceskoi seti). Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1981.

ANDRIUŞCENKO, G. L. Determinarea experimentală a erorilor transformatoarelor de curent în schemele RZA (Eksperimentalnoe opredelenie pogreşnostei transformatorov toka v shemah RZA). Elektriceskie stanţii, nr. 3, 1981.

MARDER, M. V. Arderea combinată a cojii de arbore şi a păcurii (Sovmestnoe sjiganie drevesnoi kori i mazuta). Promîşlennaia energhetika, nr. 4, 1981.

PRIAHIN, V. I. Limitator de tensiune al mersului în gol ai curentului transformatoarelor pentru posturile de sudare ş de redresare (Ograniciteli napreajeniia holostogo hoda i toka svarocinîh transformatorov i vîpreamitelei). Promîşlennaia energhetika, nr. 4, 1981.

ANTONOV, A. A. Sistemul transportului pneumatic al prafului de cărbune (Sistema pnevmaticeskovo transporta ugolnoi pîli). Promîşlennaia energhetika, nr. 4, 1981.

VOLOŞCENKO, N. I. şi NABOKOV, E. P. Căile de economisire a resurselor energetice de combustibil în industria carboniferă (Puti ekonomii toplivnoenergheticeskih resursov v ugolnoi promîşlennosti). Promîşlennaia energhetika, nr. 5, 1981.

BUHANŢEV, A. N. ş.a. Economisirea de combustibil în halele cazanelor în cazul îmbunătăţirii calitative a apei însoţită de electrodializă (Ekonomiia topliva v promîşlennîh kotelnîh pri vodopodgotovke s elektrodializom). Promîşlennaia energhetika, nr. 5, 1981.

AKSENTOV, I. B. Citeva probleme legate de proiectarea reţelelor electrice ale întreprinderilor industriale (Nekotorie voprosî proektirovaniia elektriceskih setei prompredpriiatii). Promşilennaia energhetika, nr. 5, 1981.

VAGHIN, G. I. şi KRAHMALIN, I. G. Studierea influenţei abaterii frecvenţei asupra selecţiei parametrilor inductanţelor şi a filtrelor de putere (Issledovanie vliianiia otkloneniia ciastoti na vîbor parametrov zaşcitnîh reaktorov i silovîh filtrov). Promîşlennaia energhetika, nr. 5, 1981.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.34 : 621.63

Г. Керчя: **Применение понятия подобия (сходства) у мельниц-вентиляторов**

Как подчёркивается в работе, благодаря сложным процессам, происходящим в мельнице-вентиляторе (вентиляция, размол, просушка) фасонирование этого оборудования поднимает сложные вопросы. В статье приводятся критерии подобия (сходства) применительно к вентиляции и к размолу, предлагаясь упрощения (отказ от незначительных случаев).

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 97 – 100

ДК 621.3.015.3 : 621.015.532

Д. Кристеску, А. Тимотин: **Влияние продольных и поперечных потерь на форму перенапряжений**

Рассматривается деформирование (изкажение) волн атмосферного перенапряжения, благодаря продольным потерям, а также коронированию. Сравниваются расчётные результаты колебательных процессов с полными формулами телеграфного уравнения, а также с экспериментальными результатами.

nergetica 30 (1982), № 3, стр. 101 – 105

ДК 621.315.1 : 621.175

Ф. Ватрэ. А. Кристович: **Соображения по решениям обработки защитных проводов воздушной линии электропередачи.**

Рассмотрены разные решения по расположению защитных проводов воздушных высоковольтных линий, что касается: использования для передач, утечек, безотказности, индуктированного напряжения.

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 106 – 111

ДК 621.311.4 : 621.316.54

Е. Ковар: **Упрещённые схемы для 6-и кв. части станций 110/6кв, питающих промышленные предприятия**

Описан анализ схем преобразовательных станций 110/6 кв для снабжения промышленных предприятий, с целью выявления выгод, достигнутых путём упрощения этих схем. Также, подчёркивается уместность использования реактивных катушек на трансформаторах, ввиду использования выключателей маленьких разрывных мощностей.

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 112 – 121

ДК 621.175 : 621.361.261 : 621.3.016.45

Р. Сфики: **Соображения по поведению батарей шунтирующих конденсаторов для компенсации реактивной мощности в трансформаторных пунктах 110 кв/средн. напр., питающих исказжённых потребителей.**

Приводится методология анализа поведения батарей конденсаторов, определяясь посредством измерений или расчётов если существует опасность перегрузки или гармонического резонанса в продолжительном режиме. Применяются соображения сделанные в конкретном случае станции 110/20 кв.

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 121 – 127

ДК 621.165 : 662.997

А. Рую: **Фреоновые турбины для солнечных станций малой мощности**

Выявляются вопросы связанные с проектированием и сооружением фреоновых турбин для станций малой мощности, а также достижения в этой области, на мировом плане и в нашей стране.

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 127 – 132

ДК 621.315.1 : 621.3.027.3/7

П. Милитару, З. И. Неаг, К. Петреску: **Вопрос о соотношении между воздушными линиями электропередачи высокого напряжения и окружающей средой**

Energetica 30 (1982), № 3, стр. 133 – 138

ИЗОБРЕТЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ
РЕЦЕНЗИИ
ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.34 : 621.63

Gh. Chercea : **Die Anwendung des Gleichheitskonzeptes bei Ventilatormühlen**

So wie man im Bericht andeutet, stellt die Modellierung dieser Anlagen wegen des in Ventilatormühlen auftretenden Vorgängen (Ventilation, Mahlung, Trocknung) komplexe Probleme. Deshalb wird ein vollständiger Gleichheitskriterion-Satz für die Lüftung und Zermahlung angegeben mit einigen Vereinfachungen (einige unbedeutende Kriterien werden ausgeschlossen) da eine Modellierung mit einem kompletten Kriteriensatz praktisch unmöglich ist.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 97 – 100

DK 621.3.015.3 : 621.3.015.532

D. Cristescu, A. Timotin : **Der Einfluss der Längs- und Querverluste auf die Form der Überspannungskurve**

Es wird die Verformung der Freiüberspannungswellen wegen der Längsverluste und der Auswirkung der Corona-Entladungen analysiert. Die Berechnungsergebnisse der transitorischen Erscheinungen werden mit den kompletten Formeln der Fernsender-Gleichung und mit den Versuchsergebnissen verglichen.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 101 – 105

DK 621.315.1 : 621.175

F. Vatră, A. Cristovici : **Betrachtungen zur Anwendung der Schutzleiter eines Elektroenergie-Freileiters**

Es werden verschiedene Lagen der Schutzleiter der Hochspannungsfreileitungen unter folgenden Gesichtspunkten betrachtet : Anwendung für Übertragungen, Elektroenergieverluste, Zuverlässigkeit, induzierte Spannungen.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 106 – 111

DK 621.311.4 : 621.316.54

E. Covar: **Vereinfachte Schemen für den 6 kV-Teil der 110/6 kV-Anlagen der Industriebetriebe**

Der Bericht enthält Betrachtungen über 110/6 kV-Umspannanlagen der Industriebetriebe um somit die Vorteile der Vereinfachung dieser Schemen hervorzuheben. Zugleich wird die Opportunität der Anwendung der Reaktanzspulen auf Trafos oder Ausgangsgruppen hervorgehoben, um Schalter mit Kleinleistung anwenden zu können.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 112–121

DK 621.175 : 621.361.261 : 621.3.016.45

R. Sfichi: **Betrachtungen über das Verhalten der Kondensatoren-Shunt Batterien für den Ausgleich der Reaktivleistung in 110/Mittelspannungs-Umspannanlagen zur Speisung von verformenden Verbrauchern**

Es wird eine Analysenmethode des Verhaltens der Kondensatoren-Batterien angegeben ; durch Messungen und Berechnungen wird festgestellt, ob Überlandungsgefahr oder harmonische Resonanzvorgänge bei Dauerregime auftreten. Das Festgestellte wird konkret auf einer 110/20 kV Anlage angewandt.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 121–127

DK 621.165 : 662.997

A. Ruiu: **Freonturbinen für Kleinleistungssolarkraftwerke**

Es werden allgemeine Fragen über die Projektierung und den Bau der Freonturbinen für Kleinleistungssolarkraftwerke sowie die Errungenschaften auf diesem Gebiet in der Welt und in Rumänien gezeigt.

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 127–132

DK 621.315.1 : 621.3.027. 3/7

P. Militaru, Z. I. Neag, C. Petrescu: **Der Bau der Hochspannungsfreileitungen abhängig von Umweltbedingungen**

Energetica 30 (1982), H. 3, S. 133–138

ERFINDUNGEN ERNEUERUNGEN

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN

REZENSION

AUS DEM INHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN

SOMMAIRE

CD 621.34 : 621.63

G. Chercea: **Application du concept de similitude aux moulins-ventilateurs**

A cause des phénomènes complexes qui ont lieu dans le moulin-ventilateur (ventilation, broyage, séchage), la simulation de cet équipement pose des problèmes complexes. L'auteur déduit un set complet de critères de similitude pour les phénomènes de ventilation et de broyage, en proposant des simplifications (renoncement à quelques critères peu significatifs), étant donné que la simulation fondée sur ce set complet de critères est pratiquement impossible.

Energetica 30 (1928), no. 3, p. 97–100

CD 621.3.015.3 : 621.3.015.532

D. Cristescu, A. Timotin: **Influence des pertes longitudinales et transversales sur la forme des surtensions**

On analyse la déformation des ondes de surtension atmosphérique due aux pertes longitudinales et à l'effet de couronne. On compare les résultats de calcul des phénomènes transitoires avec les formules complètes de l'équation des télégraphistes et avec les résultats expérimentaux.

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 101–105

CD 621.315.1 : 621.175

F. Vatră, A. Cristovici: **Considérations concernant les solutions de traitement des conducteurs de protection d'une ligne électrique aérienne**

Les auteurs analysent différentes solutions de disposition des conducteurs de protection des lignes électriques aériennes haute tension sous les aspects suivants : utilisation dans les transmissions, pertes d'énergie électriques, sécurité d'exploitation, tensions induites.

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 106–111

CD 621.311.4 : 621.316.54

E. Covar: **Schémas simplifiés de la partie de 6 kV des postes de 110/6 kV alimentant en énergie électrique les entreprises industrielles**

On présente une analyse des schémas des postes de transformateurs 110/6 kV pour l'alimentation des entreprises industrielles, afin de mettre en évidence les avantages de la simplification de ces schémas. On souligne aussi l'opportunité de l'utilisation des bobines de réactance sur les transformateurs ou les groupes de départ, en vue de l'utilisation des disjoncteurs à faible puissance de rupture.

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 112–121

CD 621.175 : 621.361.261 : 621.3.016.45

R. Sfichi: **Considérations concernant le comportement des batteries de condenseurs-shunt pour la compensation de la puissance réactive dans les postes de transformateurs 110 kV/MT qui alimentent des usagers déformants**

L'article présente une méthodologie d'analyse du comportement des batteries de condenseur, en établissant, par mesurages et calculs, s'il y a le danger de surcharge ou de résonance harmonique dans un régime de durée. Les considérations faites sont appliquées dans le cas concret d'un poste de 110/20 kV.

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 121–127

CD 621.165 : 662.997

A. Ruiu: **Turbines à fréon pour les centrales solaires de petite puissance**

On montre les problèmes généraux liés à l'établissement de projets et à la réalisation des turbines à fréon pour les centrales solaires à petite puissance, ainsi que les réalisations de ce domaine sur le plan mondial et dans notre pays.

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 127–132

CD 621.315.1 : 621.3.027. 3/7

P. Militaru, Z. I. Neag, C. Petrescu : **La conception des lignes électriques aériennes haute tension en tenant compte de la relation avec l'environnement**

Energetica 30 (1982), no. 3, p. 133–138

INVENTIONS-INNOVATIONS

MANIFESTATIONS TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES

COMPTES-RENDUS

SOMMAIRE DES REVUES

CONTENTS

DC 621.34 : 621.63

Gh. Chercea : **Applying the Concept of Similitude to Fan-Mills**

As is underlined in the paper, due to the complex phenomena which occur within fan-mills (ventilation, grinding, drying) the modelling of this equipment raises several problems. A complete set of similitude criteria for ventilation and grinding are set up followed by simplification proposals (giving-up some significant criteria) because the modelling on the basis of this complete set of criteria is practically impossible.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 97–100

DC 621.3.015.3 : 621.3.015.532

D. Cristescu, A. Timotin : **The Influence of Longitudinal and Transversal Losses on the Overvoltages Curve Shape**

The deformation of atmospheric overvoltages waves due to longitudinal losses and the corona-effect is analyzed. The calculation results of the transient phenomena are compared to the complete formulae of the telegraph equation and to the experimental results.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 101–105

DC 621.315.1 : 621.175

F. Vatră, A. Cristovici : **Considerations about Treatment Alternatives of OHEL Protection Cables**

Different placement solutions of OHEL protection cables are analyzed from following points of view : use for transmission purposes, electricity losses, reliability, induced voltages.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 106–111

DC 621.311.4 : 621.316.54

E. Covar : **Simplified Schemes for the 6 kV Part of the 110/6 kV-Substations Supplying Industrial Enterprises**

An analysis of some 110/6 kV transformation substantions schemes for the supply of industrial enterprises is presented in order to outline the advantages their simplification brings about. The opportunity of using reactance coils on transformers or output groups is outlined with the aim of using small breaking power switches.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 112–121

DC 621.175 : 621.361.261 : 621.3.016.45

R. Sfichi : **Considerations about the Behaviour of Condenser - Shunt Batteries for the Reactive Power Compensation in 110 kV/MV Transformer Substations Supplying Deforming Users**

A condenser behaviour analysis method is presented establishing through measurements and calculations whether the danger of overloading or harmonic resonances during long-duration regime exists. The conclusions are applied to a 110/20 kV substation.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 121–127

DC 621.165 : 662.997

A. Ruiu : **Freon Turbines for Small Power Solar Plants**

General design and manufacturing problems of freon turbines for small power solar plants are presented as well as the latest achievements in this field in our country and worldwide.

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 127–132

DC 621.315.1 : 621.3.027.3/7

P. Militaru, Z. I. Neag, C. Petrescu : **OHEL Conception Considering Environmental Criteria**

Energetica 30 (1982), nr. 3, p. 133–138

INVENTIONS AND INNOVATIONS

TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA

BOOK REVIEWS

FROM THE REVIEWS SUMMARIES

USTUL ELECTROMONTAJ BUCURESTI
.ea Moşilor 158. Telefon 16.63.30

ECUTA PRIN GRUPURILE SALE DE
NTIERE cu sediile în :

- BUCURESTI
- BACAU
- CIMPINA
- CLUJ
- SIBIU
- TIMISOARA

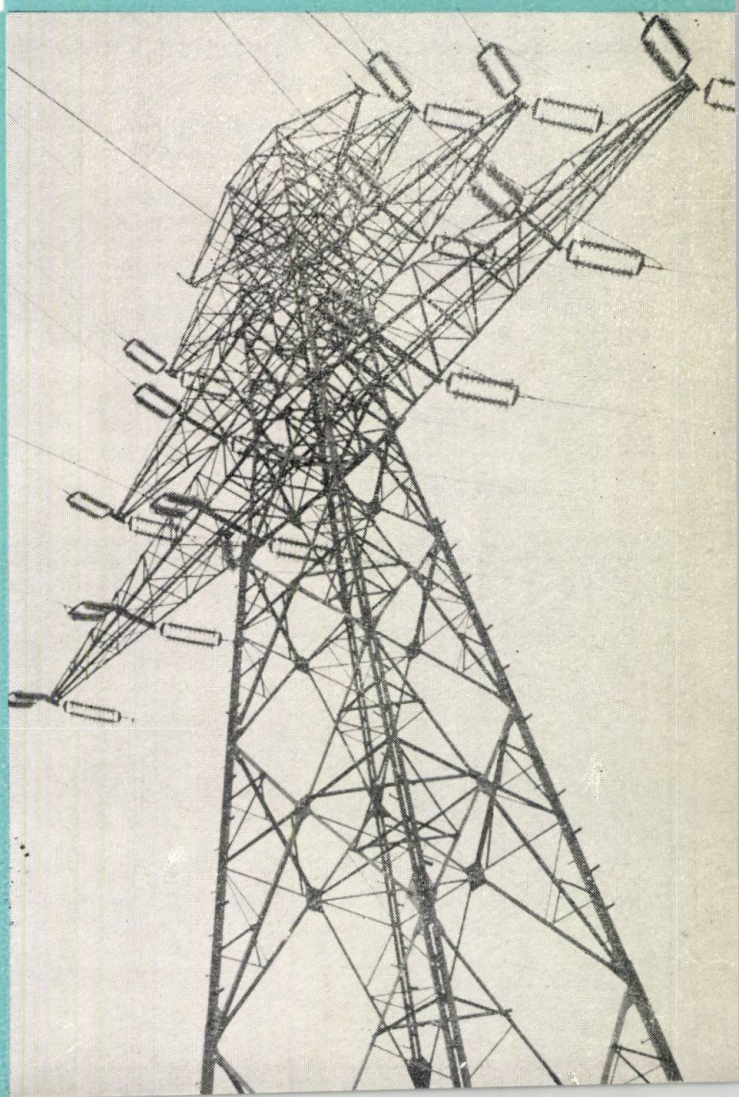
Lucrări de linii electrice aeriene 110-400 kV

Lucrări de linii electrice subterane pînă la 400 kV

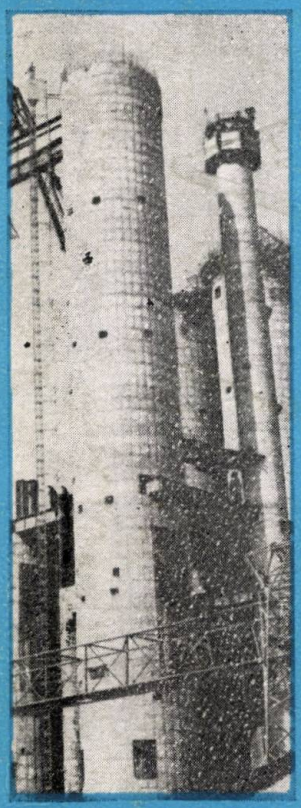
Lucrări de traversări subfluviale în cablu pînă la 110 kV

taţii electrice de transformare de la 6 la 400 kV

na lucrărilor de mai sus se execută în ăinătate prin intermediul Intreprinderii de ıerţ exterior ROMELECTRO



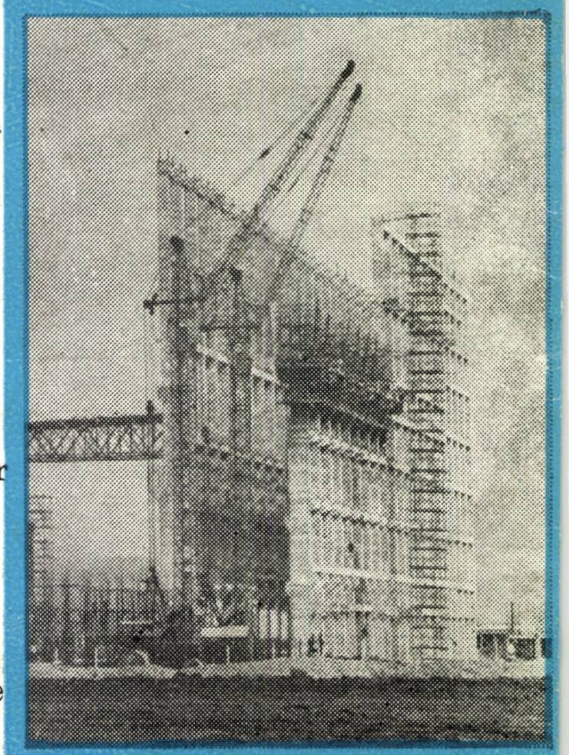
TRUSTUL energoconstrucţia



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- turnuri de răcire de mare capacitate cu tiraj natural sau artificial (Q = 42 000 mc/h)
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m)
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV
- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane.



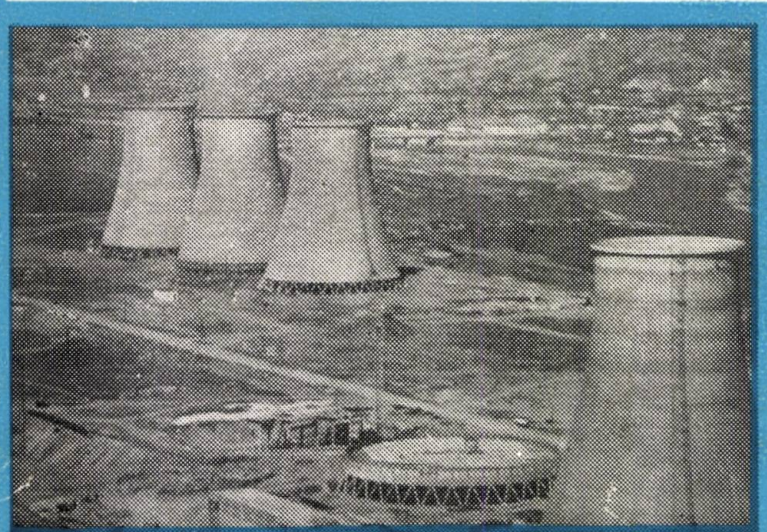
LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite dimensiuni şi regularizări de rîuri
- prize şi decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA REALIZEAZA :

- centrale electrice şi de termoficare cu puteri instalate de 50, 200, 300, 625, 800, 1000 şi 2600 MW
- structuri de rezistenţă ale termocentralelor executate din beton armat monolit cu ajutorul cofrajelor glisante
- elemente prefabricate şi construcţii metalice alcătuite din mari subansambluri

LUCRARI DE CONSTRUCTII LA TERMOCENTRALELE ELECTRICE SI DE TERMOFICARE de mare şi foarte mare putere funcţionînd cu cărbune, păcură, gaze, şisturi.



TRUSTUL ENERGOCONSTRUCTIA A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO

TRUSTUL ENERGOCONSTRUCIA
Calea Dorobanţilor nr. 103-105
Sector 1 Bucureşti
Telefon 79. 60. 20 - telex 10179

E 2039
MW
REFERALVA

4

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
APRILIE 1982

energetica

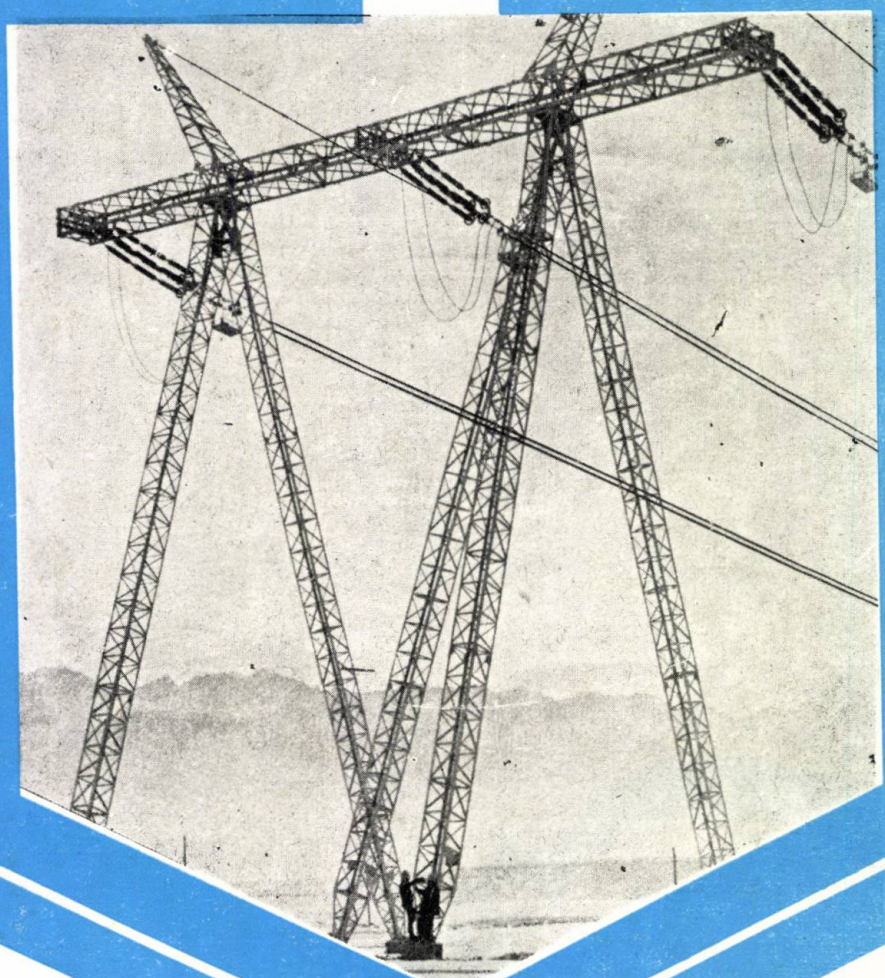
ROMELECTRO

FOREIGN TRADE COMPANY

1, Lacul Tei Blvd.
Bucharest, Romania
P.O. Box: 1–736
Cables: Romelectro Bucharest
Phone: 12 13 26
Telex: 10 449 ROEL–R

ROMELECTRO ROMANIA

EXPORT • IMPORT • POWER PROJECTS • ENGINEERING • CONSULTING • GENERAL CONTRACTOR



ROMELECTRO Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

EXPORTS :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and points ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- rural electrification equipment ;
- erection and assembling of power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers, chimneys), dams, hydrotechnical constructi etc., export and transport of electric power ;
- urban transport networks for trolley-buses ;
- studies, designs, technic assistance, expert's accounts in the power field as well as othe specific engineering jobs.

IMPORTS :

- complex power installation and equipment for thermo and hydropower generating plants ;
- specific equipment and components for the power field, relevant spare parts included ;
- equipment, apparata and materials for the erection of high, medium and low voltage lines and for turn-key deliveries.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **4** aprilie 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
g. **St. Berenghi**
g. **P. Cartianu**
g. **M. M. Dăncilă**
g. **H. Furtunescu**
g. **N. Georgian**
. ing. **Gh. Luca**
. chim. **Maria Maftei**
ing. **G. Manolescu**
g. **B. Marcu**
ing. **A. Măcriş**
g. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
of. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
ing. **E. Pavel**
ing. **T. Popa**
ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

vista ENERGETICA este publicaţie ară devotată preocupărilor spirituale realizărilor materiale în domeniul rgeticii

lacţia şi administraţia:
ureşti 74568
Energeticienilor 8, Sector 3
fon: 20.67.30, 21.46.30

Cuprinsul

	Pag.
A IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor. Braşov, 3—5 decembrie 1981	147—150
Ioan Ursu, Ionel Purica **Criterii de optimizare în utilizarea complexă a energiei nucleare**	151—156
Călin Mihăileanu, Al. Florescu, Natalia Burchiu, M. Ghiţulescu T. Dragomir **Utilizarea pompelor de căldură în România**	157—163
Fl. Chiriac, D. Hera, K. Cotovski, V. Minea, H. Barbu **Sisteme de recuperare a căldurii cu pompe de căldură de puteri foarte mari**	163—167
N. Dănilă, I. S. Dumitrescu, Virgil Muşatescu **Contribuţii privind folosirea pompelor de căldură la valorificarea pentru încălzirea incintelor a apelor geotermale sau a resurselor energetice secundare**	167—170
Gh. Preda, Stana Brînzei, Const. Şarpe, Bourquia Khalid, V. Preda, D. Săveanu **Aspecte tehnico-economice privind reducerea consumului de combustibili în domeniul transporturilor**	171—176
N. Antonescu **Arderea cu recirculare de gaze pentru evitarea zgurificării la combustia în strat a ligniţilor**	177—180
I. Gh. Carabogdan, V. Athanasovici, A. Badea, I. Prisecaru, M. Voronca **Efectele distanţei de transport asupra regimului de alimentare cu căldură a consumatorilor de apă fierbinte**	181—186
D. Neştianu, M. Popovici, S. Boboc **Posibilităţi de funcţionare în regim de termoficare a turbinei de condensaţie de 200 MW—LMZ. Soluţii şi performanţe**	187—191
RECENZII	

Revista ENERGETICA este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ind. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde

Revista ENERGETICA este editată şi administrată de Institutul ~~central~~ de cercetări şi modernizări energetice—ICEMENERG

M. David — şef Oficiul de informare documentară pentru energetică
Alice Anastaseseu — redactor principal
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., Fil. Sector 3. Costul unui abonament: **144 lei** anual. Costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona adresîndu-se la ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă. P.O. Box 136—137, telex: 11226, Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu nr. 23—25

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/6463/1982

41 401

A IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România

—Brașov, 3—5 decembrie 1981—

În zilele de 3—5 decembrie 1981 au avut loc la Brașov lucrările celei de-a IX-a Consfătuiri a termoenergeticienilor din România, organizată de Comisia de termoenergetică din cadrul CNIT, în colaborare cu Ministerul Energiei Electrice și Consiliul Popular al județului Brașov. Consfătuirea a reunit peste 300 de participanți din mari unități și întreprinderi industriale, centrale industriale și ministere economice, proiectanți, cercetători și cadre didactice din institutele tehnice de învățămînt superior din țară.

Consfătuirea a dezbătut tema: „Reducerea consumurilor energetice în instalațiile pentru producerea, transportul și utilizarea energiei termice", cu desfășurarea lucrărilor în ședințe de lucru, pe trei secții cu problematici distincte:

Secția I — *Reducerea consumurilor de energie în instalațiile termoenergetice industriale.*

Secția II — *Căi și mijloace de reducere a consumurilor de energie termică.*

Secția III — *Surse noi de producere a energiei.*

La ședința de deschidere au luat cuvîntul: prof. univ. emerit Constantin Dinculescu, membru corespondent al Academiei R.S.R.; ing. Romulus Manolache, director în Ministerul Industriei Chimice; ing. Ștefan Wolf, director IRE Brașov; prof. Florea Chiriac, prorector Institutului de construcții București. Prof. Nicolae Dănilă, președintele Comisiei de termoenergetică CNIT, a rostit cuvîntul de deschidere. După ședința de închidere a lucrărilor, ziua de 5 decembrie, a avut loc o vizită tehnică la Uzinele „Tractorul"-Brașov.

Prin problematica abordată, autorii referatelor au supus atenției participanților aspecte de larg interes privind economisirea combustibilului și energiei în instalațiile termoenergetice industriale, ceea ce a făcut ca, prin dezbaterile care au avut loc, lucrările consfătuirii să se constituie într-un amplu schimb de experiență și de opinii ale specialiștilor în domeniul termoenergeticii. Cu ocazia consfătuirii s-a relevat încă o dată utilitatea contactului direct dintre specialiștii din producție, proiectare, cercetare și învățămînt.

Referatele prezentate au conținut propuneri concrete, sinteze și rezultate ale unor cercetări, experimentări și realizări, avînd la bază activități de durată, și au permis identificarea unor importante căi de reducere a consumurilor energetice în instalațiile pentru producerea, transportul și utilizarea energiei termice.

Prin referatele susținute s-au pus în evidență realizări valoroase obținute în diverse ramuri de activitate, pe linia reducerii consumurilor energetice, a recuperărilor de energie în industrie și în promovarea noilor surse de energie, în principal a energiei nucleare și a celei solare.

S-a relevat utilitatea consfătuirii atît ca schimb de experiență, cît și ca informare asupra unor noi realizări din țară și străinătate, metodologii în domeniul economisirii energiei, cît și ca impuls pentru noi cercetări și acțiuni în aplicarea acestor soluții în industrie. Astfel, consfătuirea și-a dovedit și rolul de ridicare a nivelului profesional al participanților.

Ca o concluzie a consfătuirii a rezultat că este necesar ca reprezentanții unităților industriale să informeze colectivele din care fac parte asupra ideilor majore care s-au desprins din lucrările la care au participat; de asemenea, s-a propus o cît mai largă popularizare a materialelor și concluziilor consfătuirii.

Dintre referatele prezentate la consfătuire se evidențiază în mod deosebit următoarele:

de la Secția I — Reducerea consumurilor de energie în instalațiile termoenergetice industriale:

D. Bicleșeanu, C. Cazacu, Al. Rădulescu (ICSITEEMR), N. Pănoiu, L. Mihăescu (Inst. pol. București): Rezultate preliminare obținute la arderea prafului de lignit cu arzătoare cu impact de jeturi la un cazan energetic de 100 t/h.

I. Grigoriu, Al. Gruescu (IITPIC): Subsisteme energetice ale industriei chimice.

I. Grigoriu, G. Deixner, N. Mihăilă (ICECHIM): Contribuția ingineriei tehnologice chimice la conservarea energiei.

Gh. Preda, S. Brînzei (ASE), C. Șarpe (CNST), D. Săveanu (Inst. pol. București): Aspecte tehnico-economice privind reducerea consumului de combustibil în domeniul transporturilor.

Al. Szmuk, E. Mihai, P. Goldenberg (ICSITEEMR): Posibilități de reducere a pierderilor de energie la cuptoarele din industria construcțiilor de mașini.

Fl. Alexe, S. Dumitrescu (Inst. pol. Buc.): Optimizarea utilizării combustibililor și căldurii în întreprinderile de prelucrare a lemnului.

C. Neaga (Inst. pol. Buc.): Analiza posibilităților de aprindere a prafului de lignit din bazinul Olteniei, în amestec cu gazele rezultate din arderea combustibilului gazos de aport.

C. Haiduc (ICSITEEMR): Cercetări privind stabilirea schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale.

V. Popescu, C. Rotaru (ICEM): Analiza eficienței utilizării tehnologice a căldurii gazelor arse evacuate din cuptoarele laminoarelor, comparativ cu utilizarea energetică.

C. Popescu, I. Brezeanu (ICPILA): Cercetări pentru stabilirea posibilităților reducerii consumului specific de combustibil superior la producerea clincherului de ciment, prin utilizarea parțială la ardere a cărbunilor inferiori.

N. Antonescu (Inst. de constr. Buc.): Arderea cu recirculare de gaze pentru evitarea zgurificării la combustia în strat a lignitilor.

P. Dănăilă, C. Barău (ICPAM Galați): Utilizarea energiei radiante de la răcirea blumurilor, în scopul preparării apei calde menajere în oțelăriile cu turnare continuă.

L. Mihăescu (Inst. pol. Buc.), T. Mihăescu (Vulcan-Buc.): Considerații asupra reglajului separatoarelor morilor de cărbune.

Gh. Tilea, N. Stelea (CCPFTT): Încălzirea prin inducție în vederea deformării sau tratamentului termic al țevilor.

S. Răgălie, C. Glava (Inst. de economie industrială) : Considerente tehnico-economice privind economicitatea exploatării cuptoarelor industriale încălzite cu arzătoare autorecuperatoare.

I. Costea, C. Popescu, C. Dimitrescu (ICPILA) : Reducerea consumului de combustibil la producerea cimentului în România.

R. Burbea (Inst. de economie industrială) : Consumul cumulat și energia netă, modalități de determinare a energointensivității produselor.

T. Bodu, D. Golici, R. Opincaru (ICEMENERG) : Contribuții la reducerea consumurilor de combustibil și energie în exploatarea blocurilor de 330 MW de fabricație R.S.R. funcționînd pe lignit.

V. Rugină (ICEMENERG) : Optimizarea funcționării instalațiilor electrotermice.

P. Ghițescu (Inst. pol. Buc.) : Eficiența folosirii căldurii în instalațiile din industria alimentară.

M. Eremia, H. Crisciu (Inst. pol. Buc.) : Reducerea pierderilor de energie în întreprinderile industriale.

V. Bălan (ICEMENERG) : Îmbogățirea șisturilor bituminoase pentru CTE în scopul reducerii consumului de hidrocarburi.

C. Moțoiu, Fl. Alexe (Inst. pol. Buc.), D. Golici (ICEMENERG) : Rezultate ale analizei consumurilor specifice în exploatarea unor CTE pe cărbune.

I. Boța (IITPIC) : Influența factorilor energetici asupra profilului de dezvoltare al industriei chimice.

P. Enăchescu (IITPIC) : Economisirea energiei în unele procese de fabricație din tehnologia chimică.

T. Gherasim (CCPFTT), V. Dumitrașcu (CIPM) : Tehnici, procedee și metode de reducere a energiei, combustibililor și metalelor consumate în prelucrările metalurgice.

P. Petrescu (CSC), T. Gherasim (CCPFTT) : Aspecte tehnice și economice ale unei politici energetice privind elaborarea fontei de furnal.

N. Galan (Inst. pol. Buc.) : Reducerea consumurilor de energie la mașina de curent continuu.

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Totolo (ICEMENERG) : Studiul măcinabilității cărbunilor din bazinul Oltenia-Nord și influența variației acesteia asupra performanțelor moriventilator.

de la Secția II — Căi și mijloace de reducere a consumurilor de energie termică

I. Carabogdan, I. Prisecaru, V. Athanasovici, A. Badea, M. Voronca (Inst. pol. Buc.) : Efectele distanței de transport asupra regimului de alimentare cu căldură a consumatorilor de apă fierbinte.

N. Dănilă (Inst. pol. Buc.), N. Niculescu, S. Levy (ISPE) : Metodă complexă de calcul pentru stabilirea soluțiilor de transport al căldurii la mare distanță.

V. Șova, M. Șova (Univ. Brașov) : Considerații asupra calculului termic bazat pe analiza ciclurilor termodinamice ale instalațiilor de uscare prevăzute cu pompă termică.

I. Purica (Inst. pol. Buc.) : Un nou principiu în conversia ciclică a energiei termice.

D. Neștianu, M. Popovici (ICEMENERG), S. Boboc (ICSITEEMR) : Posibilități de funcționare în regim de termoficare a turbinei de condensație de 200 MW—LMZ. Soluții și performanțe.

A. Leca, M. Leca, B. Nae (Inst. pol. Buc.) : Reducerea energiei de pompare la curgerea lichidelor adiative.

C. Brătianu (Inst. pol. Buc.) : Determinarea cîmpului de temperaturi în pereții conductelor termice.

N. Niculescu, N. David, I. Uță, M. Iordache (ISPE) : Probleme noi în echilibrarea hidraulică și termică a sistemelor de termoficare.

N. Niculescu, C. Corcodel (ISPE) : Contribuții la perfecționarea regimurilor hidraulice și termice de funcționare a sistemelor de termoficare.

R. Anastasiu (ICPMSN — Cluj-Napoca) : Soluții pentru conservarea energiei termice în instalațiile de măcinare cu mori LM 12.

N. Chirculescu, N. Niculescu, C. Corcodel (ISPE) : Utilizare calculatoarelor electronice în gospodărirea rațională combustibililor în domeniul producerii și transportul energiei termice.

I. Carabogdan, A. Badea, V. Athanasovici (Inst. pol. Buc.) Stabilirea soluției optime de instalație frigorifică pentr producerea de apă răcită.

M. Popa (Inst. pol. Buc.) : O posibilitate de înlocuire a com bustibililor de origine petrolieră în motorul cu aprinde prin comprimare.

I. Moisin (CCPGM Mediaș) : Noi dispozitive destinate schem lor de reglare a proceselor de ardere cu combustibili gazo

S. Răgălie (Inst. de economie industrială) : Implicații economice generate de modificarea structurii combustibilil utilizați în procesul de producere a energiei termice.

C. Rotaru (ICEM) : Considerații asupra oportunității utilizăr resurselor energetice secundare din gazul de convertiz în instalațiile tehnologice sau în instalațiile energetice cadrul unui combinat metalurgic.

M. Stoica (Inst. pol. Buc.) : Criterii pentru optimizarea e nomiei de energie în procesele de conversie ciclică.

E. Șandru (Inst. constr. Buc.) : Aspecte privind regim termic și hidrodinamic la vaporizarea în interiorul tuburil

C. Fodor (ISPE), M. Ceclan (Inst. pol. Buc.) : Posibilit de optimizare a instalațiilor de demineralizare a ap

M. Popovici, M. Popescu, F. Breazu (ISPE) : Preocupări plan mondial și în țara noastră de promovare a termofică în vederea economisirii energiei.

R. Macarie, D. Mihai (ICSITEEMR) : Model matematic experimentări în vederea determinării performanțe electrofiltrelor.

L. Lup (ISPE) : Capacitatea sistemului energetic de integra a CET.

I. Lazăr, Gh. Badea, I. Pop (Inst. pol. Cluj-Napoca) : Calcu automat al bilanțului unei instalații de cazan.

S. Popescu (ICEMENERG) : Contribuții la reducerea con mului de uleiuri electroizolante.

Fl. Ardeleanu, S. Ciobanu, E. Müller, N. Leu (ICEMENER Sinteza cercetărilor în domeniul reducerii consumului combustibil în CTE prin optimizarea circuitelor de răc

Gr. Iorgulescu, O. Țuțuianu (M.E.E.) : Perfecționarea re murilor de încălzire din sistemele de termoficare.

de la Secția III — Surse noi de produc a energiei

I. Ursu (CNST), I. Purica (Inst. pol. Buc.) : Criterii de opti zare în utilizarea complexă a energiei nucleare.

N. Dănilă, V. Mușatescu, I. Dumitrescu (Inst. pol. Buc Contribuții privind utilizarea pompelor de căldură în recu rarea căldurii apelor geotermale și a resurselor energe secundare.

Al. Dănescu, S. Petrescu, N. Băran, O. Mălăncioiu, S. Tri Al. Chisacof (Inst. pol. Buc.) : Sisteme de captare a ener solare cu concentratoare cilindro-parabolice.

F. Chiriac, D. Hera, K. Cotovski, V. Minea, H. Barbu (I constr. Buc.) : Sisteme de recuperare a căldurii cu pon de căldură de puteri foarte mari.

I. Carabogdan, C. Moțoiu, C. Ionescu, Fl. Alexe, C. Răduca P. Blaga, L. Cecan (Inst. pol. Buc.) : Alegerea schem termice și a parametrilor optimi la ciclurile termice cu a ale centralelor electrice solare cu cîmp de heliostate și t

F. Scarlat (IFIN) : Fuziunea termonucleară și accelerat de particule.

A. Petrescu, I. Bogdan (IPCT) : Utilizarea energiei so pentru încălzirea clădirilor industriale.

F. Chiriac, D. Hera, K. Cotovski, V. Minea, H. Barbu (I constr. Buc.) : Utilizarea energiei solare pentru produc de frig artificial.

A. Gheorghe (Inst. pol. Buc.) : Optimizarea structurilor tel logiilor energetice în condițiile penetrării noilor surs energie în R.S.R.

N. Negulescu, M. Popa, C. Pană (Inst. pol. Buc.) : Moto aprindere prin scînteie alimentat cu hidrogen.

. Luca (Inst. pol. Buc.) : Sensibilitatea analizei termohidraulice a accidentelor pentru zona activă a reactorului CNE PHWR.
. Ivănescu, P. Ciubotariu (IPCT) : Instalaţie de captare a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum în industrie.
. Cucu, M. Kuhartz (IPCT) : Staţii de preparare a apei calde de consum cu ajutorul energiei solare.
. Petrescu, R. Grigore, M. Dumitrescu, M. Ştefan (IPCT) : Probleme legate de tipizarea instalaţiilor de utilizare a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum. Burchilă, D. Berbecaru (IPCT) : Utilizarea apelor geotermale la clădiri industriale.
. Stănescu, Gh. Codăuş (Regionala CF Buc.) : Instalaţie pentru conversia energiei solare în energie termică realizată la Regionala CF Bucureşti — depoul Bucureşti Triaj. Barău, R. Frăţilă, N. Tiţă (ICPAM Galaţi) : Producerea centralizată de căldură şi apă caldă menajeră folosind ca agent primar resurse energetice secundare.
Mihăileanu, Al. Florescu, M. Ghiţulescu, N. Burchiu, T. Dragomir (ICEMENERG) : Utilizarea pompelor de căldură în România.
. Mihăilă (ICEMENERG) : Studiul stratificării termice din rezervoarele centralei solare de 30 kW_e.
Moţoiu, D. Tamaş (Inst. pol. Buc.) : Modelarea în CET-laborator IPB a unor regimuri de exploatare cu parametri caracteristici pentru centralele solare.
Craiu (Inst. de energetică chimică) : Biogazul — sursă de energie din procesele de transformare anaerobă.

oncluziile consfătuirii

Din referatele şi dezbaterile consfătuirii s-au sprins următoarele idei, concluzii şi recomanări :

1. A apărut din nou ca esenţială întărirea nlucrării directe între tehnologii şi energetienii din întreprinderi, punînd pe prim plan oblemele consumurilor de materiale şi de ergie. Această conlucrare şi interdependenţă tre producţie şi consumurile raţionale de ergie trebuie să fie bazată pe o organizare respunzătoare.
Este necesară întărirea acţiunii de coordore energetică în întreprinderile industriale in reînfiinţarea serviciului energetic-şef, înd dublă subordonare — faţă de ministerul resort şi de organul central care se ocupă gospodărirea energiei.
2. Avînd în vedere importanţa sistemelor termoficare şi posibilităţile suplimentare îmbunătăţire a funcţionării lor printr-un glaj adecvat, se propune să se ia măsuri ioritare legate de automatizarea sistemelor termoficare, în toate compartimentele, prem şi dezvoltarea extinsă a măsurării consurilor de căldură, la punctele termice şi la nsumatori.
3. Să se intensifice cercetările teoretice şi exrimentale pentru arderea combustibililor inriori din ţara noastră. Astfel, se propune roducerea arzătorului de praf cu impact jeturi pentru arderea lignitului şi a şisturi bituminoase, ca un arzător cu randament i bun (referatul I. 1).
4. Să se valorifice şi în alte ramuri industriale perienţa Institutului de cercetare şi proiectare pentru industria lianţilor şi azbocimentului (ICPILA) privind folosirea cărbunilor inferiori la producerea cimentului, caracterizată prin utilizarea ligniţilor din producţia indigenă, cu prelucrare minimă, atît ca sursă de energie termică, cît şi ca materie primă (ref. I.11 şi I.17).
5. Stabilirea indicatorilor tehnico-economici de folosire a lignitului şi mixtelor în centralele electrice în funcţie de caracteristicile actuale şi de perspectivă ale combustibililor — aşa cum sînt primiţi la centralele electrice.
6. Aplicarea şi la alte centrale electrice a concluziilor analizei consumurilor specifice din centralele termoelectrice, atît în domeniul M.E.E. cît şi al altor ministere (ref. I.24).
7. Studiul posibilităţilor de valorificare a resurselor energetice secundare de joasă temperatură, prin pompe de căldură industriale de mare putere, şi implicaţiile acestei valorificări asupra termoficării industriale şi urbane (ref. III.4).
8. Stabilirea, de către M.E.E. împreună cu M.I.C.M., a caracteristicilor şi performanţelor utilajelor destinate industriei energetice şi energeticii industriale — ţinînd seama de nevoile actuale şi de perspectivă — necesare pentru încadrarea în circuitul energetic a resurselor energetice secundare şi a noilor surse neconvenţionale.
9. Perfecţionarea metodelor de calcul al consumurilor specifice în procesele industriale, prin luarea în considerare a consumului cumulat de energie şi prin evidenţierea valorificării resurselor energetice secundare.
10. Extinderea dotărilor centralelor electrice de termoficare de pe platformele industriale pentru a le transforma în centrale de utilităţi tehnologice variate (ref. I.2 şi I.3).
11. Organizarea unui schimb de experienţă între cercetători, proiectanţi şi tehnologii şi energeticienii din industrie pe problemele energetice specifice ramurilor industriale energointensive (industria chimică, metalurgică, a materialelor de construcţii, a construcţiilor de maşini) prin intermediul unor stagii de perfecţionare.
12. Popularizarea experienţei ICSITEEMR şi ICEM în modernizarea cuptoarelor industriale cu următoarele aspecte : realizarea de scheme complexe de recuperare a căldurii, utilizarea agenţilor rezultaţi din recuperarea resurselor energetice secundare.
13. Extinderea preocupărilor de valorificare a energiei radiante a produselor metalurgice calde, pe baza experienţei ICPAM (ref. I.13).
14. Extinderea experienţei CCPFTT în domeniul încălzirii electrice prin inducţie (ref. I.15).
15. Aprofundarea cercetărilor ICEMENERG în direcţia folosirii proceselor electrotermice şi electrochimice în diferite strategii energetice de perspectivă (ref. I.20).

16. Să se acorde atenţie deosebită corelării mai bune a producţiei de oţel cu resursele energetice ale ţării noastre (ref. I.30).

17. Să se asigure posibilităţi adecvate de aprovizionare cu înlocuitori de materiale energointensive cu caracteristici tehnologice echivalente.

18. Să se accelereze asimilarea echipamentelor de maximă eficacitate specializate pentru încălzirea clădirilor şi să se completeze normativele de încălzire cu soluţii adecvate de încălzire cu agenţi termici cu nivel coborît de temperatură (încălzire radiativă prin planşee şi pereţi calzi, încălzire convectivă cu aer cald etc.).

19. Să se generalizeze rezultatele experienţei efectuate la Ploieşti privind automatizarea locală a instalaţiilor de încălzire a locuinţelor.

20. Se pune în evidenţă necesitatea de a folosi cu mai mare intensitate mediile de informare de toate felurile (presă, radio, televiziune) pentru popularizarea conceptului de folosire raţională a energiei de către. fiecare cetăţean la locul lui de muncă şi acasă.

Se impune un control calitativ mai exigent al materialelor difuzate de organele specializate, pentru a se evita strecurarea unor erori tehnice.

21. Se propune extinderea şi intensificarea acţiunii de întocmire a bilanţurilor de energie. În proiectare este necesar să se treacă de la această fază la bilanţul optim al instalaţiilor, secţiilor şi al produselor proiectate.

22. Aplicarea măsurilor de recuperare a resurselor energetice secundare este eficientă numai printr-o utilizare extensivă. Se constată însă că, în timp ce la unele întreprinderi apar realizări pozitive, la altele, de acelaşi fel, preocupările pentru aceste măsuri au un caracter artizanal şi un nivel tehnic insuficient. De aceea este necesar să se accentueze schimbul de experienţă în folosirea resurselor energetice secundare (cu nivel de temperatură ridicat şi coborît) şi să se asigure, printr-un sistem informaţional şi publicaţii adecvate, circulaţia eficientă a datelor cu privire la experienţa dobîndită, atî la nivelul ramurilor industriale, cît şi într ramuri.

23. Dezvoltarea efortului de utilizare surselor noi de energie în ţara noastră se carac terizează, în etapa actuală, printr-o serie d realizări tehnice, unele la scară-pilot, altel iniţiate în circuitul energetic, contribuind l reducerea consumului de combustibil conven ţional. Pentru dezvoltarea în continuare utilizării surselor noi de energie, s-a preconiza intensificarea activităţii pe mai multe direcţi şi în special abordarea acelor soluţii care pre zintă maximum de eficienţă în scopul reducer în continuare a utilizării combustibililor cla sici.

24. Se propune dezvoltarea în continuare, l fază industrială, a soluţiilor propuse de Inst tutul de construcţii Bucureşti pentru constru rea de pompe de căldură de putere mare temperaturi de 80°C.

25. În urma analizelor comparative ale ut lizării energiei solare în centrale electrice puteri care să prezinte importanţă pentru si temul energetic naţional, se propune ca î programul de cercetare din acest domeniu s se ţină seama că unele soluţii pot fi elimina ca fiind neviabile (ref. III.5).

26. Utilizarea eficientă a biogazului, pr metoda propusă de Institutul de energeti chimică (ref. III.22), s-a remarcat ca o soluţ energetic viabilă, care merită să fie extinsă.

27. Producerea de căldură industrială şi u bană, la parametri scăzuţi, sub 200°C, s-a arăt că poate fi realizată prin utilizarea reactoril nucleari specializaţi în acest scop, cu rand mente foarte mari (ref. I.1). O astfel de soluţ poate conduce în viitorul apropiat la descl derea unui domeniu de utilizare a reactoril nucleari într-un sector caracterizat printr-u consum mare de hidrocarburi. Se propune se dezvolte cercetările în acest domeniu.

Prof. dr. ing. **Nicolae Dănilă**,
preşedintele Comisiei de termoenergetică CN

Criterii de optimizare în utilizarea complexă a energiei nucleare *)

Acad. prof. dr. doc. **Ioan Ursu** – C.N.S.T.
Conf. dr. fiz. **Ionel Purica** – I.P.B.

Este cunoscut că problema principală a energeticii constă în conversia energiei din formele de energie disponibile în universul accesibil (chimică, electromagnetică, nucleară de fisiune și fuziune) în forme de energie utile, necesare pentru a asigura gradul de civilizație impus de dezvoltarea omenirii.

Formele de energie utile sînt, în genere, energia termică – astăzi circa 80%, cu tendința de a ajunge în anul 2000 la 70% – și energia electrică – azi circa 20%, cu tendința de a fi 30% în anul 2000.

Asistăm în momentul actual la trecerea de la utilizarea combustibililor clasici (cărbune, petrol, gaze) la combustibil nuclear (uraniu sau thoriu) și la o puternică efervescență în jurul utilizării altor surse de energie, ca: energia solară, geotermică, maree etc. În același timp, asistăm la încercări de a găsi soluții noi și economice pentru sisteme de conversie a energiei dintr-o formă în alta, soluții care să asigure o creștere a randamentului sistemelor actuale de conversie, ca, de exemplu, conversia termoelectrică, termoionică, magnetohidrodinamică (MHD) etc.

În sistemele utilizate în prezent, energia chimică sau nucleară este transformată în energie termică, aceasta în energie mecanică și, în fine, energia mecanică în energie electrică trecînd printr-un ciclu Carnot.

Interesul pentru mărimi criteriale care să permită stabilirea unor direcții de optimizare și combinării variatelor procese fizice posibile în sisteme de conversie a existat permanent în energetică, de la începutul secolului al XIX-lea pînă în prezent. Este suficient să amintim randamentul Carnot, essergia liberă Helmholtz, potențialul Gibs, energia lui Evans introdusă în urmă cu circa un deceniu.

Situația actuală a energeticii ridică noi probleme pentru conversia energiei și, deci, se impun concepte și metode noi pentru analiza optimizării sistemelor de conversie, sub aspectul introducerii unor surse noi de energie care să permită obținerea unor randamente cît mai mari de transformare a energiei disponibile în sursă în energie utilă și, deci, asigurarea unei cît mai eficiente utilizări a surselor noi de energie.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Brașov, 3–5 decembrie 1981.

Pe de altă parte, introducerea în circuitul energetic a unor noi surse de energie presupune un consum inițial de energie necesară pentru realizarea sistemelor de conversie a energiei sursei în energie utilă. De la început trebuie să ținem seama de faptul că introducerea unor noi surse și a unor instalații noi de conversie presupune blocarea unei cantități de energie actuală E_i pe o anumită perioadă de timp t_b, perioadă care constă din timpul necesar pentru a construi instalația de conversie t_i și un timp t_r, timpul de recuperare a energiei investite în construcția noului sistem de conversie, prin utilizarea sursei noi.

Prin sistem de conversie înțelegem ansamblul transformărilor necesare pentru a trece de la energia sub formă disponibilă în sursă la forma de energie utilă, incluzînd și transportul ei de la locul de producere la locul de utilizare.

Ne vom ocupa, în continuare, de anumite aspecte ale introducerii energiei nucleare în sistemele energetice.

Energia nucleară se bazează pe existența unei rezerve de combustibil nuclear suficient de mare. Utilizarea normală a acestuia, intrată în circuitul energetic, este schițată în figura 1 (*1*).

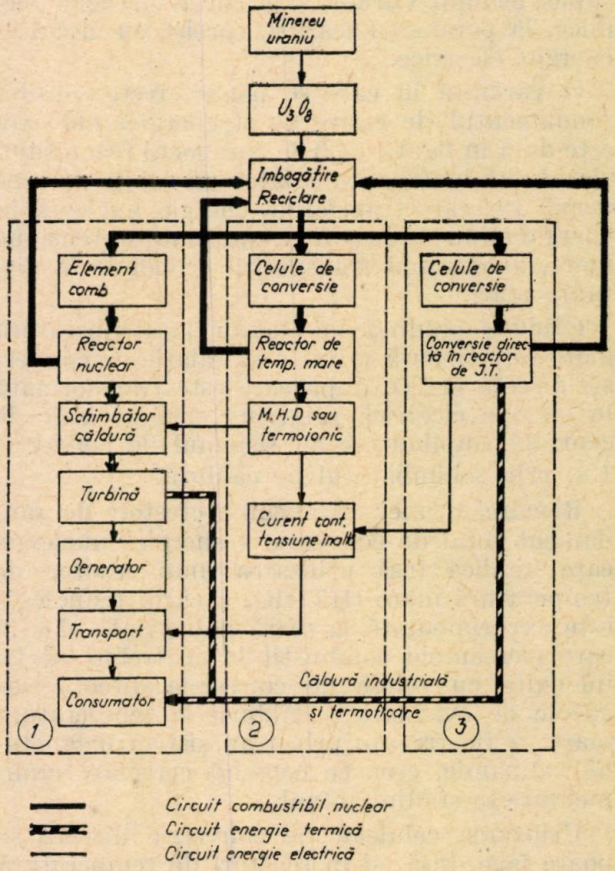


Fig. 1

Combustibilul — uraniu — este extras din minereu sub formă de U_3O_8, care este trecut prin instalațiile de îmbogățire și, sub formă de oxid de uraniu îmbogățit, este transformat în elemente combustibile. Acestea sînt „arse" în reactorii nucleari din centrale, producînd energie termică. Energia termică este transmisă prin schimbătoarele de căldură la turbogeneratoare, care o transformă în energie electrică. Prin transformatoare, energia electrică este adusă la forma (tensiune înaltă) propice transportului la consumatori. Aici ea este adusă la forma utilă consumatorilor, prin intermediul altor transformatoare sau dispozitive de conversie a energiei electrice în altă formă de energie (termică, mecanică, luminoasă, chimică). Pentru producerea de energie termică destinată necesităților de termoficare, este posibilă utilizarea unor turbine cu prize adecvate. Termoficarea nucleară a fost studiată intens în ultima vreme [1], dar o serie de inconveniente, ca, de exemplu, distanța mare, pentru transportul căldurii de la centrala nucleară la consumator o fac, uneori, tehnic inacceptabilă.

Remarcăm că avem trei circuite specifice în conversia energiei nucleare : circuitul combustibilului nuclear, al cărui factor de calitate trebuie să reflecte o utilizare optimă a energiei conținute în acesta, circuitul energiei electrice, supus ciclului Carnot, și circuitul energiei termice, la parametri scăzuți, corelat cu circuitul energiei electrice.

O variantă în care se poate crește sensibil randamentul de conversie a energiei nucleare este dată în figura 1 (*2*) în care locul reactorului clasic este luat de un reactor cu celule de conversie [2] care transformă energia nucleară în energie electrică de curent continuu, la tensiune mare, avantajînd transportul economic la distanțe mari.

Căldura produsă în reactor la temperatură mare este trecută printr-o instalație de conversie directă MHD, după care este transformată în energie electrică printr-un sistem clasic de centrală, cuplîndu-se cu sistemul de conversie 1.*a*, prin schimbătorul de căldură.

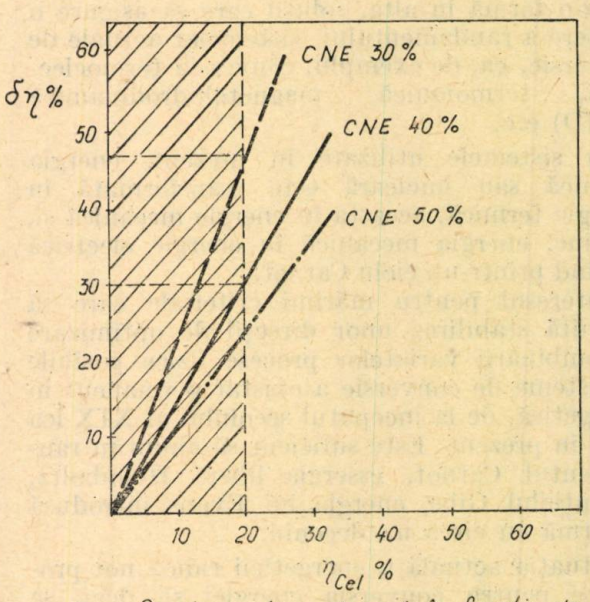
Remarcăm, aici, că avem o creștere de randament total de conversie a energiei nucleare, care implică însă utilizarea unui reactor de temperatură mare (HTGR), a cărui tehnologie este experimentată la scară industrială, dar în care elementele combustibile ar trebui să fie înlocuite cu celule de conversie directă, iar gazele de evacuare a căldurii la temperatură mare să fie trecute printr-un sistem magnetohidrodinamic, ceea ce necesită cercetări suplimentare în stadiul actual.

Utilizarea celulelor de conversie directă se poate face, însă, și în reactori de temperatură scăzută (fig. 1, *3*), însă, în acest caz, sîntem limitați de randamentul maxim, ce poate fi obținut în conversia directă a energiei nucleare în energie electrică de tensiune mare, din aceste celule. Pentru geometrii cilindrice, randamentul nu poate depăși 20%. În acest caz, 80% din energia nucleară este convertită în căldură la temperatură mică, utilizabilă în procese industriale sau pentru termoficare.

Trecerea de la sistemul *1* la sistemul *2* sau *3* (fig. 1) este însoțită de o creștere de randament, de la randamentul normal η_0, realizabil într-o centrală nucleară (fig. 1, *1*), la un randament crescut cu δ_η.

În figura 2 se vede creșterea de randament δ_η adusă de conversia directă a energiei nucleare în energie electrică în randamentul η_{CNE} al unei centrale nucleroelectrice, pentru diferite valori ale randamentului de conversie directă η_{CEL}.

La un randament de transformare η_{CEL} a energiei nucleare direct în energie electrică, cu ajutorul unor celule speciale, dacă se utilizează apoi conversia într-o centrală cu randamen de 30%, creșterea de randament este de 20%. Dacă, însă, randamentul de conversie directă este de 25%, suficient pentru a satisface raportul 75% termic + 25% electric, urmat de conversie convențională cu un randament de 40%, realizabil în centralele nucleare evoluate



Creșterea de randament în funcție de η_{Cel}

Fig. 2

creșterea de randament este de 35—40%. S realizează, astfel, o conversie cu un randamen total de peste 50%.

Trebuie, însă, să ținem seama că, pentr creșterea randamentului de conversie, est necesar să investim o cantitate mai mare d energie în instalațiile de conversie.

O analiză sumară arată că, pentru un anumit domeniu de variație a puterii instalațiilor de conversie, putem considera că energia necesară consumată pentru a putea converti o putere P este proporțională, în primă aproximare, cu această putere.

Pe de altă parte, construcția, montajul și punerea în funcțiune a unei instalații de conversie necesită un timp (t_i). În limite date, orice încercare de a reduce timpul de implementare a unei instalații de conversie implică o creștere a energiei de implementare, E_i. Astfel, mărimea specifică pe care am putea să o considerăm ca o măsură pentru efortul de implementare a unei instalații de conversie este *acțiunea de implementare* A_i, definită prin :

$$A_i = \int_0^{t_i} \mathrm{d}t\, E_i(t), \tag{1}$$

unde $E_i(t)$ este energia consumată pentru implementare pînă la momentul t.

În situația simplificată din figura 3, s-a considerat că $E_i(t)$ variază liniar cu timpul și deci $A_i = E_i \cdot t_i/2$, unde E_i este energia totală acumulată pentru implementarea sistemului.

Această acțiune este, în primă aproximare, proporțională cu puterea instalată a sistemelor de conversie, P :

$$A_i = k_p \cdot P \tag{2}$$

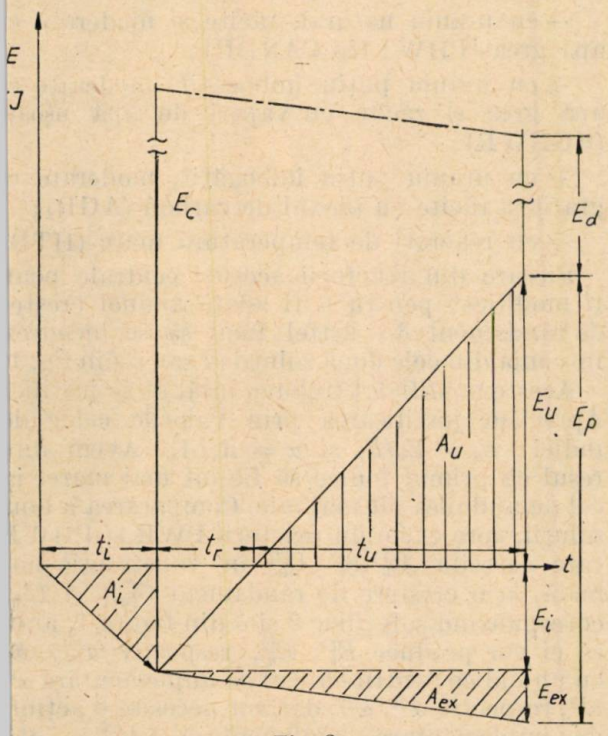


Fig. 3

— timp de instalare; t_r — timp de recuperare; t_u — timp de utilizare; A_i — țiunea consumată în investiție; A_u —acțiunea utilă; E_c — energia consumată; E_p — energia produsă; E_d — energia disipată.

În general, randamentul de conversie are o valoare η_0 care se obține fără eforturi speciale în diferite sisteme de conversie. Dacă, însă, vrem să creștem randamentul peste această valoare, este necesară o acțiune suplimentară.

Considerînd coeficientul $k_p(\eta)$ și dezvoltînd în serie în jurul lui η_0, vom avea :

$$k_p(\eta) = k_p(\eta_0) + (\eta - \eta_0) \left.\frac{\mathrm{d}k_p}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\eta_0} \tag{3}$$

Acțiuna necesară va deveni :

$$A_i = k_p^0 P + k_\eta \delta_\eta \cdot P, \tag{4}$$

unde

$$k_p(\eta_0) = k_p^0\,;\ \delta_\eta = \eta - \eta_0 \text{ și } k_\eta = \left.\frac{\mathrm{d}k_p}{\mathrm{d}\eta}\right|_{\eta=\eta_0}$$

Se vede că, pentru sistemul normal de putere P, cînd $\delta_\eta = 0$, regăsim (2).

Conceptele importante care vor fi luate în considerare la stabilirea criteriilor pentru a decide care este sistemul de conversie optim sînt ilustrate în figura 3.

Într-un timp t_i se desfășoară o acțiune A_i, deci se investește o energie E_i pentru implementarea instalației de conversie a sursei de energie cu o putere P și o creștere de randament δ_η, față de cel (η_0) realizabil fără eforturi speciale.

Într-un timp de recuperare t_r, instalația de conversie redă energia E_i și avem :

$$A_i = P\,\frac{t_r^2}{2} = k_p^0 P + k_\eta \delta_\eta P \tag{5}$$

Energia de implementare poate fi considerată ca blocată un timp de blocare : $t_b = t_i + t_r$.

Dacă timpul de viață a instalației este t_v, timpul util va fi $t_u = t_v - t_r$.

În timpul util t_u, instalația va produce energia utilă E_u și va consuma energia necesară pentru exploatarea ei, E_{ex}. Astfel, sistemul va produce o energie $E_p = E_u + E_i + E_{ex}$ și va disipa, sub formă de energie termică, în mediul înconjurător o cantitate de energie E_d.

Energia consumată de la sursă, pe toată durata vieții, E_c, va fi :

$$E_c = E_u + E_i + E_{ex} + E_d. \tag{6}$$

În cele ce urmează vom considera că energia consumată de la sursă este constantă, $E_c = \text{const}$.

În figura 3 s-a considerat că instalația funcționează continuu la puterea P, pe durata de viață t_v, și deci :

$$E_p = P \cdot t_v \tag{7}$$

Putem caracteriza sistemul de conversie prin trei factori de calitate:

— randamentul producerii de energie utilă, prin conversie:

$$\eta = \frac{E_p}{E_p + E_d} \tag{8}$$

— factorul de utilizare a energiei consumate de la sursă:

$$\beta = \frac{E_u}{E_c} \tag{9}$$

— factorul de evaluare a efortului de implementare a noului sistem de conversie:

$$\alpha = \frac{A_i}{A_u}, \tag{10}$$

în care A_u este acțiunea utilă:

$$A_u = \int_0^{t_u} \mathrm{d}t \cdot P(t) \cdot t - E_{ex}\frac{t_u}{t_v} \cong \frac{Pt_u^2}{2} - E_{ex}\frac{t_u}{t_v}$$

Pe de altă parte, pentru timpul de blocare, $t_b = t_i + t_r$, a energiei de implementare, timpul în care instalația nu produce energie utilă, se utilizează alte criterii decît cele legate de conversia energiei, de exemplu criterii social-economice, astfel încît el să nu depășească o valoare dată. Astfel, timpul de blocaj devine o restricție impusă din exterior și îl vom considera ca un parametru. Observăm, din formulele (4) și (5), că între acesta și timpul de recuperare avem relația:

$$t_b = t_i + t_r = \frac{t_r^2}{2(k_p^0 + k_\eta \cdot \delta_\eta)} + t_r \tag{11}$$

Dacă vrem să facem conversia unei cantități fixe de energie consumată de la sursă, E_c, atunci β_u nu reprezintă altceva decît energia utilă obținută pe unitatea de energie consumată de la sursă și, deci, putem să-l înlocuim în continuare cu E_u, care — după cum se vede din figura 3 — este dată de relația:

$$E_u = k_u \cdot t_u \cdot P - E_{ex}\frac{t_u}{t_v}, \tag{12}$$

unde k_u este coeficientul de utilizare a puterii pe durata de timp t_u.

Utilizînd formula (4), avem:

$$E_u = \left[\frac{k_u A_i}{k_p^0 + k_\eta\,\delta_\eta} - \frac{E_{ex}}{t_v}\right](t_v - t_r) \tag{13}$$

S-a ținut seama că $t_u = t_v - t_r$. Deoarece t_v este considerat fix, iar t_r este determinat prin (11) de timpul de blocare, energia utilă devine o funcție de A_i, δ_η și parametrul t_b

$$E_u = E_u(A_i, \delta_\eta; t_b) \tag{14}$$

Factorul de evaluare a efortului de implementare, α din formula (10), devine, dacă ținem seama de (5):

$$\alpha = \frac{P\frac{t_r^2}{2}}{P\frac{t_u^2}{2} - E_{ex}\frac{t_u}{t_v}} = \left[\left(\frac{t_v}{t_r} - 1\right)^2 - \frac{2E_{ex}(k_p^0 + k_\eta\,\delta_\eta)}{A_i}\left(\frac{t_v}{t_r} - 1\right)\right]^{-1} \tag{15}$$

Înlocuind t_r cu expresia lui în funcție de t_b constatăm că factorul α devine o funcție de A_i, δ_η, t_b:

$$\alpha = \alpha(A_i, \delta_\eta; t_b) \tag{16}$$

Astfel avem toate elementele necesare pentru a compara diferitele soluții de tipul celor trei variante din figura 1.

Varianta de bază (fig. 1, *1*) poate fi realizată cu oricare dintre centralele nucleare astăzi în funcțiune:

— cu uraniu îmbogățit și apă ușoară în fierbere (BWR) sau sub presiune (PWR);

— cu uraniu natural, răcite și moderate cu apă grea (PHW; tip CANDU);

— cu uraniu puțin îmbogățit, moderate cu apă grea și răcite cu vapori de apă ușoară (SGHWR);

— cu uraniu puțin îmbogățit, moderate cu grafit și răcite cu bioxid de carbon (AGR);

— cu reactori de temperatură mare (HTR).

Fiecare din reactorii acestor centrale poate fi modificat pentru a fi adaptat unei creșteri de randament δ_η, astfel încît să se încadreze într-una din cele două soluții (*2* sau *3* din fig. 1).

Aceste modificări trebuie, însă, să se justifice. Apreciem justificarea prin valorile celor doi indici: $\beta_u = E_u/E_c$ și $\alpha = A_i/A_u$. Avem interesul ca primul indice să fie cît mai mare, iar cel de-al doilea cît mai mic. Compararea a două soluții, spre exemplu reactorii PWR și PHWR care necesită $A_{i0}^{(1)}$ și $A_{i0}^{(2)}$ în construcție normală, la o creștere de randament $(\delta_\eta)_1$ și $(\delta_\eta$ corespunzînd soluțiilor *2* și *3* din figura 1, arată că ei vor produce E_u^{11}, E_u^{12}, respectiv E_u^{21}, E cu un indice pentru efortul de implementare α^1 α^{12}, respectiv α^{21}, α^{22}, dar vor necesita o acțiune de implementare suplimentară $(A_{i1}^{(1)} - A_{i}^{(}$ și $(A_{i1}^{(2)} - A_{i0}^{(2)})$ datorită creșterii de randament.

Pentru alegerea soluției optime, putem utiliza teoria jocurilor bimatrice de sumă nenulă, elaborată de Vorobiev [3].

Spre a încadra problema noastră în modelul jocurilor bimatrice de sumă nenulă, vom considera doi jucători:

— (I) care alege tipul de reactor nuclear (PWR, PHWR, HTR etc.), face efortul de implementare A_i și este interesat să obțină un factor de evaluare a efortului de implementare cît mai mic;

— (II) care alege sistemul de creștere a randamentului, *1*, *2* sau *3* din figura 1, cu efortul de implementare suplimentar și este interesat să obțină un randament de utilizare $\beta_u = E_u/E_e$ cît mai mare sau, pentru un E_e dat, un E_u cît mai mare.

Pentru simplitate, vom exemplifica aici situația în care se caută soluția cînd se au în vedere reactori de două tipuri diferite, spre exemplu PWR și PHWR, și două sisteme de creștere a randamentului, *2* și *3* din figura 1. Pentru fiecare combinație vom avea o energie utilă E_u^{ij} și un factor de evaluare a efortului de implementare α_{ij} pentru un timp de blocare fixat.

Situația este caracterizată prin tabelul de mai jos:

(I) \ (II)	(2) $(\delta_\eta)_1$	(3) $(\delta_\eta)_2$
PHWR $A_i^{(1)}$	$\{E_u^{11}, \alpha_{11}, t_b\}$	$\{E_u^{12}, \alpha_{12}, t_b\}$
PWR $A_i^{(2)}$	$\{E_u^{21}, \alpha_{21}, t_b\}$	$\{E_u^{22}, \alpha_{22}, t_b\}$

(17)

Primul jucător este caracterizat prin matricea $/A_i^{(1)}, A_i^{(2)}/$ și al doilea prin $/(\delta_\eta)_1(\delta_\eta)_2/$, care descriu strategiile lor posibile.

Matricele de cîștig pentru cei doi jucători sînt, respectiv:

$$\|E_u\| = \begin{Vmatrix} E_u^{11} & E_u^{12} \\ E_u^{21} & E_u^{22} \end{Vmatrix}; \quad \|\alpha\| = \begin{Vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{Vmatrix} \tag{18}$$

În cazul curent este necesar să se adopte strategii mixte, care sînt descrise prin vectori ce formează un simplex. Notăm vectorii strategiilor mixte pentru jucătorii I și II cu:

$$|X| = |x_1\ x_2| = |x_1,\ 1 - x_1| \text{ deoarece } x_1 + x_2 = 1 \tag{19}$$

$$|Y| = |y_1\ y_2| = |y_1,\ 1 - y_1|$$

Cîștigul mediu pentru cei doi jucători va fi:

$$H_I = (X, Y) = |X|\,\|\alpha\|\,|Y|^T; \quad H_{II}(X, Y) = |X|\,\|E_u\|\,|Y|^T, \tag{20}$$

unde cu T s-a notat matricea transpusă.

Situația de echilibru în jocurile bimatrice este acea situație care este admisibilă pentru fiecare dintre jucători. Deci soluțiile jocului sînt punctele din pătratul-unitate (fig. 4) care reprezintă situații (x, y) admisibile pentru ambii jucători.

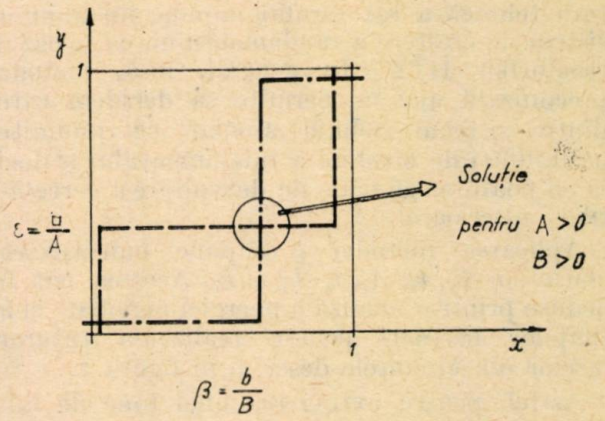


Fig. 4

Pentru jucătorul I, pentru ca situația (x, y) să fie admisibilă, trebuie ca:

$$H_I(1, y) = |\alpha_1.|\,|Y|^T \leqslant |X|\,\|\alpha\|\,|Y|^T = H_I(x, y) \tag{21}$$

$$H_I(0, y) = |\alpha_2.|\,|Y|^T \leqslant |X|\,\|\alpha\|\,|Y|^T = H_I(x, y)$$

Prin $|\alpha_1.|$ și $|\alpha_2.|$ s-au notat matricele-linii din matricea pătrată $\|\alpha\|$.

Relațiile (21) devin, dacă ținem seama de (18):

$$A(1 - x)\,y - a(1 - x) \leqslant 0$$

$$A\,xy - ax \geqslant 0, \tag{22}$$

unde s-a notat: $A = \alpha_{11} - \alpha_{12} - \alpha_{21} + \alpha_{22}$ și $a = \alpha_{22} - \alpha_{12}$.

Soluțiile depind de (A, a) și, în cazul în care A, a sînt diferiți de zero, avem:

$$y \leqslant a/A = \varepsilon \text{ dacă } A > 0$$

$$y \geqslant a/A = \varepsilon \text{ dacă } A < 0. \tag{23}$$

În figura 4 s-a considerat prima situație.

Situațiile acceptabile pentru al doilea jucător sînt similare, dacă notăm:

$$B = E_u^{11} - E_u^{12} - E_u^{21} + E_u^{22}; \quad b = E_u^{22} - E_u^{11} \tag{24}$$

Pentru $B > 0$, soluțiile sînt date în figura 4, prin linia în zig-zag care trece prin punctul $\beta = b/B$.

Soluția acceptabilă a jocului este la intersecția celor două mulțimi de soluții acceptabile pentru fiecare dintre jucători. Astfel, poziția punctului de intersecție din figura 4 ne fixează care este soluția optimă, adică tipul de reactor nuclear și sistemul de creștere a randamentului. Evident că apar și situații în care punctul caracteristic soluțiilor se găsește în jurul centrului pătratului și, deci, nu se poate lua o decizie. De asemenea, sînt situații în care structura tehnică a reactorului impune un anumit sistem de creștere a randamentului, ca în cazul reactorilor HTR. În general, însă, metoda preconizată aici ne permite să decidem care dintre sisteme trebuie asociat cu anumite posibilități de creștere a randamentului și deci să se poată alege căile de dezvoltare a cercetărilor ulterioare.

Aplicarea metodei presupune cunoașterea mărimilor E_i, t_r, A_i, $t_i \cdot k_p^0$ și k_η. Acestea pot fi deduse printr-o analiză a energiei înglobate și a timpilor necesari pentru realizarea tuturor fazelor din circuitele descrise în figura 1.

Astfel, pentru extragerea unei tone de minereu de uraniu, sînt necesare circa 1,21 GJ, iar pentru procesarea ei, ca să se scoată 3 kg U_3O_8, mai sînt necesare circa 1,22 GJ, adică se consumă circa 1000 GJ pe tona de U_3O_8.

Pentru o tonă de uraniu îmbogățit 2%, cu o coadă la difuzie cu conținut de 0,25%, se consumă circa 80 TJ/tonă de uraniu îmbogățit.

În tabel se dau cîteva tipuri de centrale nucleare, ajunse în stadiu industrial, deci la care există date verificate în practică, costul în energie a elementelor componente și energia utilă produsă pentru o viață medie de 25 de ani.

Dacă ținem seama că, astăzi, construcția unei centrale nucleare durează între 5 și 6 ani, cu timpul de recuperare optimist de circa 2–2,5 ani, dar care poate fi — dacă ținem seama de energia consumată în investițiile din industriile auxiliare — de circa 4,5 ani, se ajunge la un timp de blocare de circa 8–10 ani, a unei energii de 10–15% din cea care urmează să fie produsă de centrală pe durata vieții ei.

Energia utilă (E_u) și timpul de recuperare la CNE cu neutroni termici

N.P.S.	P_{ef} MW	Îmbogățire %	Cost TJ.10^{-3}				E_u TJ.10^{-3}	t_r ani
			echip.	D_2O	ZA*)	TOTAL		
CANDU	540	nat.	16	21,6	0,4	38,6	427	2,25
SGHWR	423	2,1	16	7,7	12,5	36,8	412	2,23
PWR	500	2,6	14	—	12	26	412	1,60
	522	3,35	14	—	17	31	409	2,00
AGR	518	2,45	19	—	20	38,8	408	2,40
HTR	508	6,5	17	—	9,4	25	400	1,60

*) zona activă.

În concluzie, utilizarea jocurilor bimatrice de sumă nenulă permite analiza introducerii unui sistem de conversie, sub aspectul optimizării lui, astfel ca pentru o acțiune de implementare A_i și o creștere de randament δ_η să se obțină E_u mare și α mic, în cadrul unui timp de blocare t_b cît mai mic.

Credem că o astfel de analiză, care depinde în final de gradul de dezvoltare a resurselor energetice la nivelul fiecărei țări sau regiuni interconectate de pe suprafața globului, ar putea să ne conducă, în urma particularizării ei la datele specifice fiecărei regiuni, la obținerea unui program național de dezvoltare a cercetărilor privind optimizarea sistemelor de conversie a energiei, nu numai a celei nucleare, ci și din alte resurse.

Bibliografie

[1] Lerouge, B. *Le réacteur nucléaire de chauffage Thermos*. În : Revue de l'Énergie, 1979, p. 832–836.

[2] Ursu, I., Purica, I. I. *Synergetics of the Fission Electric Cells*. În : Energy Research, vol. 4, 1980, p. 19–30.

[3] Vorobiev, N. N. *Matriținie igri* (1961) și *Beskoi necinie antagonisticeskie igri* (1963). Gossudarstvenno Izdatelstvo.
— Game Theory. Springer Verlag (1977).

Utilizarea pompelor de căldură în România*)

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
Ing. **Alex. Floreseu**
Ing. **Natalia Burchiu**
Ing. **Mircea Ghițulescu**
Ing. **Toma Dragomir**
— ICEMENERG —

1. Considerații generale

Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981-1990 și orientările principale pînă în anul 2000 stabilește, printre altele, și măsurile necesare pentru conservarea energiei prin reducerea continuă a consumurilor specifice de energie în toate domeniile și sectoarele de activitate, gospodărirea rațională a combustibililor și energiei și introducerea într-un ritm susținut a surselor noi de energie.

Prin urmare, politica actuală de economisire și raționalizare a consumurilor energetice, în scopul conservării rezervelor primare de energie existente, a determinat trecerea procedeului de producere a căldurii prin folosirea pompelor de căldură din stadiul realizărilor experimentale sporadice în stadiul aplicațiilor pe scară largită, pe baza unui vast program de cercetare, proiectare — introducere în fabricație de serie și implementare a pompelor de căldură în România.

Principial, pompa de căldură cu compresie mecanică este o instalație care, funcționînd după un ciclu termodinamic invers, consumînd deci lucru mecanic, poate recupera o parte din căldura conținută de o sursă-deșeu (de obicei apă tehnologică uzată, evacuată cu o temperatură de circa 30°C) pentru a o reutiliza la un potențial termic mai ridicat (50...80°C).

În figura 1 este prezentată schema de principiu a unei pompe de căldură cu compresie mecanică de tipul apă-apă, cel mai răspîndit dintre multitudinea de tipuri de pompe de căldură propuse actualmente spre utilizare.

Agentul de lucru, ales în mod uzual din gama derivaților halogenați ai hidrocarburilor (cunoscut sub denumirea de freon, vaporizează preluînd căldură în acest scop de la sursa-deșeu. Vaporii rezultați sînt comprimați în compresor și refulați în condensator, unde condensează la o temperatură superioară celei de vaporizare, cedînd căldura conținută unui consumator de căldură adecvat.

Teoretic, cantitatea de căldură cedată este egală cu suma celor două energii absorbite — căldura de vaporizare plus energia de comprimare. Raportul dintre căldura utilă livrată consumatorului și echivalentul caloric al lucrului mecanic consumat pentru antrenarea compresorului este denumit eficiență sau coeficientul de performanță al pompei de căldură și este supraunitar.

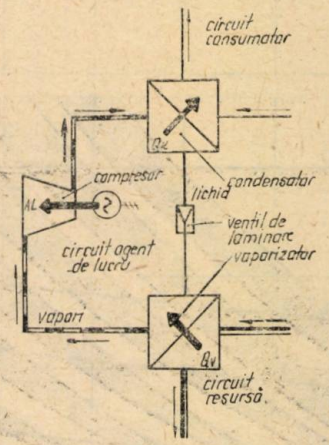


Fig. 1

Valoarea eficienței energetice a pompei de căldură este principalul indicator pe baza căruia acest tip de instalație poate ocupa o poziție mai mult sau mai puțin avantajoasă în raport cu instalațiile clasice de producere a căldurii.

Ținînd seama de evoluția disponibilităților de energie primară, se poate aprecia că avantajele energetice ce se pot obține prin utilizarea pompelor de căldură își vor spori substanțial ponderea în ansamblul economiei naționale, pe măsură ce numărul și capacitatea termică unitară a pompelor de căldură introduse în instalații existente sau în curs de realizare vor crește.

2. Domenii specifice de aplicare a pompelor de căldură

În ideea măririi eficienței energetice a proceselor industriale prin valorificarea resurselor energetice secundare de potențial termic scăzut și prin utilizarea de noi surse de energie reprezentate de energia hidrogeotermică și solară, s-au efectuat cercetări pentru valorificarea acestor surse de energie cu pompe de căldură tip apă-apă.

Cercetările inițiale au urmărit determinarea domeniilor de oportunitate ale utilizării pompelor de căldură pentru valorificarea acestor tipuri de surse de căldură.

Aceste cercetări au condus la concluzia că pompele de căldură sînt avantajoase energetic, după cum rezultă din figura 2, în raport cu soluțiile clasice de asigurare a aceluiași efect util, în următoarele domenii de folosire (defi-

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Brașov, 3—5 decembrie 1981.

nite prin „înălțimea de pompare" a căldurii, $HT = t_{consumator} - t_{sursă}$):

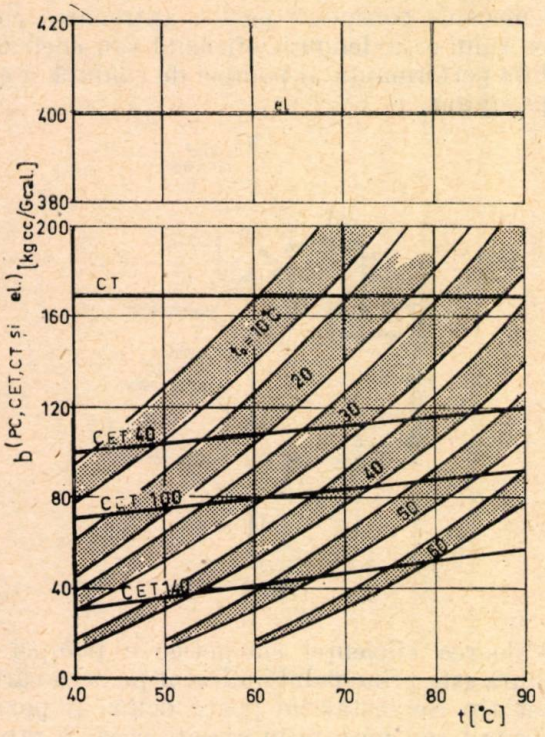


Fig. 2

— față de încălzirea electrică: în întreg domeniul de utilizare;

— față de centralele termice: pentru $HT < 60$ grd;

—față de centralele de termoficare cu cazane de:

— 40 at: pentru $HT < 40$ grd.
— 100 at: pentru $HT < 30$ grd.
— 140 at: pentru $HT < 10$ grd.

Pe baza acestor rezultate au fost cercetate și stabilite soluții pentru diferite cazuri de aplicare, diferențiate prin sursele de căldură valorificate și prin natura consumatorilor de căldură alimentați.

Astfel, pompele de căldură constituie un mijloc avantajos de valorificare pentru următoarele categorii de resurse:

— căldura conținută în apele calde și alți agenți evacuați din procesele industriale (ape de răcire, ape reziduale calde, agenți de uscare, căldura evacuată din instalațiile frigorifice, vapori secundari rezultați din instalațiile de distilare-concentrare, aer cald, viciat, evacuat etc.);

— căldura de temperaturi scăzute obținută din alte surse noi de energie (apă caldă de la colectoarele solare plane, apă geotermală evacuată din instalațiile de valorificare directă sau de la folosințele terapeutice etc.);

— căldura mediului ambiant conținută în diferiți agenți naturali (ape freatice, sol, ape de suprafață cu nivel termic natural sau perturbat ca urmare a poluării termice, aer exterior etc.).

Deoarece, așa cum s-a mai arătat, obținerea unor economii de energie primară cu acest procedeu este condiționată de existența unor diferențe nu prea mari între temperatura sursei și temperatura de livrare a căldurii, rezultă că principalele procese consumatoare de căldură care pot folosi căldura utilă produsă sînt procese cu temperaturi moderate, și anume:

— prepararea apei calde de consum;

— prepararea apei calde tehnologice de temperaturi sub 80°C necesare în industria textilă, alimentară, a materialelor de construcții și a construcțiilor de mașini;

— procese de distilare-concentrare în industria alimentară și industria chimică și petrochimică;

— procese de fermentare (producere de biogaz);

— încălzirea clădirilor civile și industriale;

— încălzirea aerului proaspăt introdus în instalațiile de ventilare mecanică a clădirilor industriale;

— preîncălzirea apei utilizate ca agent de transport în rețelele de apă fierbinte ale sistemelor de alimentare cu căldură la distanță.

Dintre sursele de căldură enumerate, apele de răcire dețin un important potențial termic valorificabil, estimat, pe baza inventarelor efectuate, la circa 9 mil. t c.c./an, din care 4 mil. t c.c. în sezonul rece, în care apare și consumul de căldură pentru încălzire, care, ca nivel termic și durată de existență, poate reprezenta principalul debușeu al căldurii utile produse.

3. Elaborarea soluțiilor de sistem

În general, soluțiile optime de utilizare a pompelor de căldură în astfel de scheme sînt soluții de tip „bivalent", caracterizate prin existența unei surse de căldură complementare pentru acoperirea sarcinii termice de vîrf.

Modul de conlucrare a celor două tipuri de surse și repartiția sarcinii termice în orice moment al exploatării trebuie să se facă astfel încît să se obțină maximum de avantaje energetice, respectiv consumuri minime de energie primară. Se pot distinge, din acest punct de vedere, două categorii de soluții adoptate pentru sistemele combinate pompă de căldură—sursă de vîrf:

— *Soluția bivalentă — paralelă*, în care cele două tipuri de instalații funcționează simultan și în perioada vîrfului de consum.

— *Soluția bivalentă — alternativă*, aplicabilă în cazurile în care temperatura apei returnate din sistemul consumatorului depășește la vîrful de consum, un anumit plafon admisibil pentru pompa de căldură (circa 70°C). În acest caz, pompa de căldură va funcționa (sin

ură sau împreună cu sursa de vîrf) numai n perioadele în care temperatura agentului le transport returnat de la consumator este elativ scăzută și va fi oprită în perioadele cu emperaturi, respectiv consumuri, ridicate, cestea fiind asigurate exclusiv de sursa comlementară.

Adoptarea uneia sau alteia dintre aceste oluții este, prin urmare, dictată în primul rînd le nivelul de temperaturi solicitat la consumaor (graficul de reglaj utilizat) și de posibilitățile tehnice ale pompelor de căldură de a funciona în regimurile impuse de acest nivel.

Cota de participare a pompei de căldură la coperirea necesarului de vîrf (α^{PC}) se poate ptimiza din punct de vedere tehnic și economic, în funcție de temperatura sursei și de raficul de reglaj utilizat.

Din studiile efectuate în România pînă în rezent a rezultat că pentru sursele de căldură cu temperaturi de 30...40°C sînt indiate următoarele cote de participare la acoerirea consumului de căldură la vîrf pentru ncălzire:

$\alpha^{PC} = 0{,}575$ pentru grafice de reglaj 65/45°C
$\alpha^{PC} = 0{,}450$ pentru grafice de reglaj 95/75°C
$\alpha^{PC} = 0{,}150$ pentru grafice de reglaj 150/70°C

Din figura 3 rezultă cantitățile anuale de căldură posibil a fi asigurate de instalațiile u pompe de căldură (Q_{an}^{PC}), exprimate proentual față de cantitatea anuală de căldură ecesară (Q_{total}^{an}) și ținînd seama de cotele optime de participare recomandate pentru diferite rafice de reglare examinate.

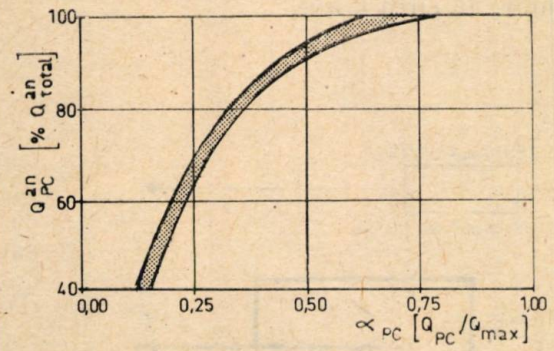


Fig. 3

Bineînțeles că pentru prepararea apei calde e consum sau tehnologice pompele de căldură ot prelua integral acoperirea necesarului de ăldură ($\alpha^{PC} = 1$).

Valorile indicatorilor energetici pentru inalațiile cu pompă de căldură se determină valori medii anuale, funcție de frecvența și uratele diferitelor regimuri climatice, respecv de diferitele sarcini termice și temperaturi e funcționare.

Avantajele energetice pot fi ilustrate prin mătoarele valori procentuale ale economiilor de combustibili realizabile față de o soluție clasică (centrală termică pe păcură și cu un consum specific de 0,176 t c.c./Gcal):

— pentru graficul de reglaj 65/45°C : 55%
— pentru graficul de reglaj 95/75°C : 32%
— pentru graficul de reglaj 150/70°C : 18%

așa cum rezultă din figura 4.

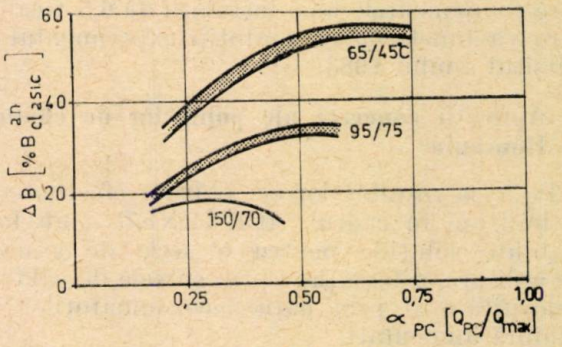


Fig. 4

4. Stadiul realizărilor de echipamente în România

Pe baza cercetărilor efectuate și a rezultatelor obținute la testarea pe stand și în amplasamentele de exploatare a primelor prototipuri de pompe de căldură, s-a putut face trecerea la fabricația de serie a pompelor de căldură într-o gamă de tipodimensiuni în continuă extindere.

În prezent, întreprinderea „Tehnofrig" Cluj-Napoca poate livra, la solicitarea beneficiarilor, patru tipuri de pompe de căldură cu compresoare cu piston antrenate electric, ale căror caracteristici principale sînt prezentate sintetic în tabelul de mai jos.

Caracteristicile tehnice ale agregatelor de pompă de căldură din fabricația de serie „Tehnofrig"

Tipul agregatului	Capacitatea termică kcal/h	Parametrii sursei reci		Parametrii sursei calde		Eficiență	Putere instalată kW
		debit m³/h	temperatura °C	debit m³/h	temperatura °C		
GPCF 31,5.2	31 500	5	35	3	55	4,2	11
GPCF 100.2	100 000	15	35	10	55	4,2	30
GPCF 315.2	315 000	50	35	31	55	4,2	110
GPCF 630.2	630 000	125	35	63	55	4,2	180

În cursul anului 1982, „Tehnofrig"-Cluj-Napoca urmează să introducă în fabricație de serie încă trei tipodimensiuni de agregate de pompă de căldură cu o temperatură mai ridicată a sursei calde (80°C), destinate în principal utilizării în scopuri de încălzire.

Acestea vor avea următoarele capacităţi termice unitare :

— GPCF 31,5. 4 : 31 500 kcal/h
— GPCF 100. 4 : 100 000 kcal/h
— GPCF 200. 4 : 200 000 kcal/h

Pentru alimentarea centralizată cu căldură a ansamblurilor de clădiri din sisteme combinate de producere a căldurii cu pompă de căldură şi surse tradiţionale, sînt în curs de realizare componentele unei instalaţii de 6,3 Gcal/h, care va funcţiona ca prototip experimental la sfîrşitul anului 1983.

5. Aplicaţii concrete ale pompelor de căldură în România

Pe baza rezultatelor cercetărilor efectuate în ultimii ani în cadrul ICEMENERG, au fost stabilite soluţiile pentru o serie de situaţii de aplicare, diferenţiate prin sursele de căldură valorificate şi prin natura consumatorilor de căldură alimentaţi.

Instalaţiile ce vor fi descrise în continuare au fost realizate în urma programelor de cercetare menţionate, avînd un caracter experimental, dar constituind totodată un preţios mijloc de verificare practică a performanţelor realizabile prin utilizarea la scară reală a primelor prototipuri de pompe de căldură de fabricaţie românească.

5.1. *Instalaţia de preparare a apei calde de consum cu pompă de căldură tip TGPTF-80 de la Băile Felix*

Schema de implementare a pompei de căldură la sistemul existent de alimentare cu apă caldă de consum de la Băile Felix, precum şi la sistemul de evacuare a apelor geotermale uzate, este prezentată în figura 5.

Sursa de căldură de potenţial scăzut utilizată este apa geotermală de circa 30°C, preluată din canalul de evacuare a apelor termale uzate după utilizarea lor în scopuri terapeutice.

Bazinul acumulator înseriat pe canalul de evacuare a apelor uzate asigură uniformizarea debitului disponibil pentru pompa de căldură în jurul valorii de 50 m^3/h.

Căldura utilă obţinută este întrebuinţată pentru prepararea apei calde de consum, cu un debit de circa 4 m^3/h, care este încălzită în condensatorul pompei de căldură de la circa 16°C la circa 40°C. În continuare apa este încălzită în boilerele din centrala termică pînă la nivelul necesar utilizării ei ca apă caldă de consum (60°C).

În acest caz funcţionarea pompei de căldură şi a sursei clasice, centrala termică, se face în sistem bivalent — paralel.

Testările efectuate în anul 1979 au evidenţiat că agregatul funcţionează cu o eficienţă medie de 7,5, ceea ce reprezintă un consum specific de energie primară (pentru producerea energiei electrice de antrenare) de 52 kg c.c. Gcal, adică circa 25% din consumul specific de combustibil al unei centrale termice.

Economia anuală de combustibil realizabil prin această aplicaţie este de circa 90 t c.c./a şi ea permite recuperarea investiţiilor suplimentare în circa 6 ani.

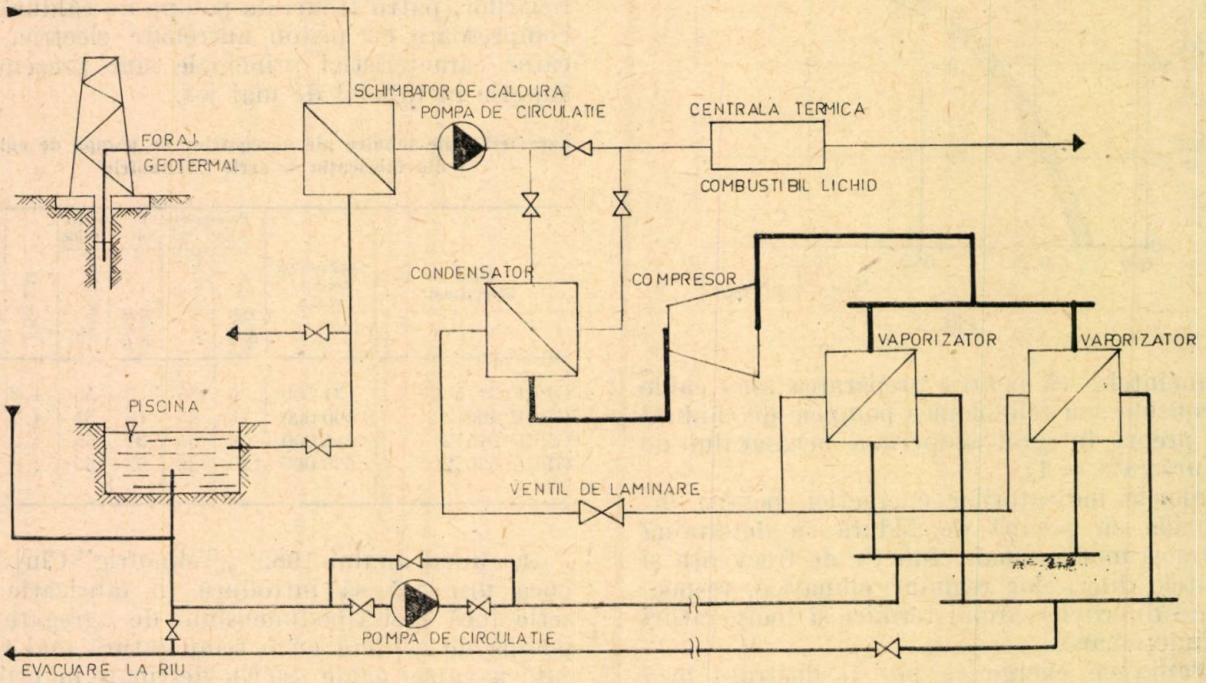


Fig. 5

2. *Instalația de încălzire cu pompă de căldură p GPC-100 de la Băile Boghiș*

Agregatul GPC-100, după experimentarea pe standul fabricantului, a fost inclus în ul 1980 în schema existentă de încălzire a ui hotel de la Băile Boghiș (fig. 6).

În acest caz utilizarea sistemului bivalent ternativ a fost impusă de graficul de reglaj 0/70°C) pentru livrarea căldurii la consuma- r și de dificultățile legate de modificarea stalațiilor interioare ale consumatorului pen- u trecerea la un grafic de temperaturi mai ăzute.

Introducerea pompei de căldură s-a făcut serie cu cazanele existente în centrala ter- ică, astfel :

— pe partea de apă de încălzire din colecto- l de retur de la instalațiile interioare de în- lzire se preia apa care se introduce în conden- torul pompei de căldură. La ieșirea din con- nsator, apa este trimisă în colectorul cazane- centralei termice și în continuare în circui- l obișnuit al schemei de încălzire ;

— pe partea de apă termală s-a realizat un nal colector care preia apa termală uzată ce evacuează din bazine. Cu ajutorul unei pom- , apa termală se introduce în vaporizatoarele mpei de căldură, după care apa răcită va fi acuată la canalizare.

Acoperirea necesarului anual de căldură pen- ı încălzire se face în proporție de 21 % cu ıtorul cazanelor din centrala termică în rioada de vîrf (circa 600 ore/an) și 79 % cu mpa de căldură. Funcționarea pompei de dură este continuă pentru acoperirea a 24 % din necesarul de căldură și intermitentă pentru acoperirea a 55 % din acest necesar.

Cînd funcționează numai centrala termică, temperatura pe tur ia valori în domeniul 90...70°C, iar cea de pe retur de la 70°C la 55,6°C, conform graficului de reglaj.

Funcționarea continuă a pompei de căldură se face cu o temperatură a apei la ieșirea din condensator (pe retur) conform graficului de reglaj, variind în intervalul 55,6...49°C, ceea ce conduce la o eficiență medie reală a pompei de căldură de circa 4,3.

În regim intermitent de funcționare, pompa de căldură realizează o temperatură a apei la ieșirea din condensator de 60°C (avînd la intrare 49°C), deci o eficiență medie de circa 4,7.

Analizînd comparativ soluția inițială de încălzire (cu centrală termică) cu soluția în care s-a introdus în schemă și pompa de căldură, rezultă că pentru aceasta din urmă se obține, în raport cu prima, o economie anuală de combustibil de 45,8 % (circa 32 t c.c./an).

5.3. *Instalația de preparare a apei calde tehnologice cu pompă de căldură GPC-630 pentru o întreprindere textilă din București*

Pentru prepararea apei calde tehnologice de 55°C, necesară unei întreprinderi textile, s-a elaborat schema prevăzută în figura 7.

Pompa de căldură preia căldura de la apa reziduală de 30°C evacuată din procesele de

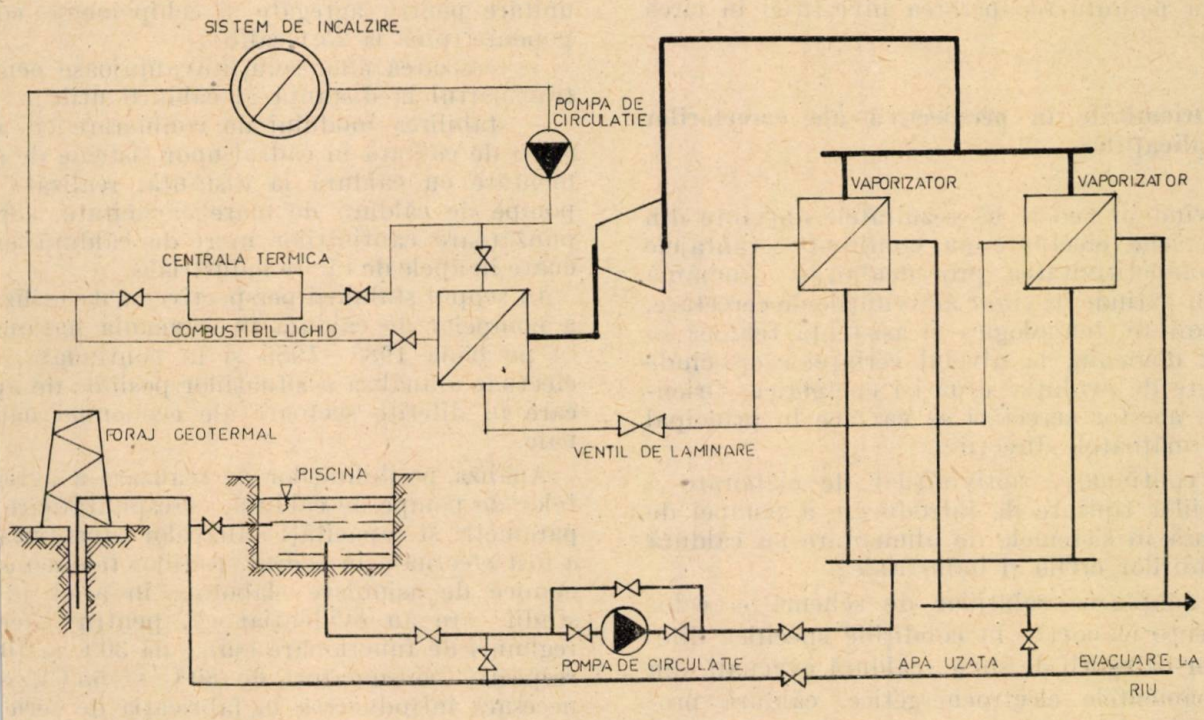


Fig. 6

finisare (spălare, vopsire) a produselor și realizează în condensator încălzirea pînă la 55°C a unui debit de 17 m^3/h apă dedurizată, ce se folosește în procesul tehnologic.

Instalația a fost pusă în funcțiune la începutul anului 1981 și va realiza economii nete

stațiile de compresoare, apă reziduală di canalizările menajere, căldură evacuată di agenții de uscare din industrie sau agricultur aer viciat evacuat din instalațiile de ventilar căldură obținută din relația solară, abur s cundar din procesele industriale etc.);

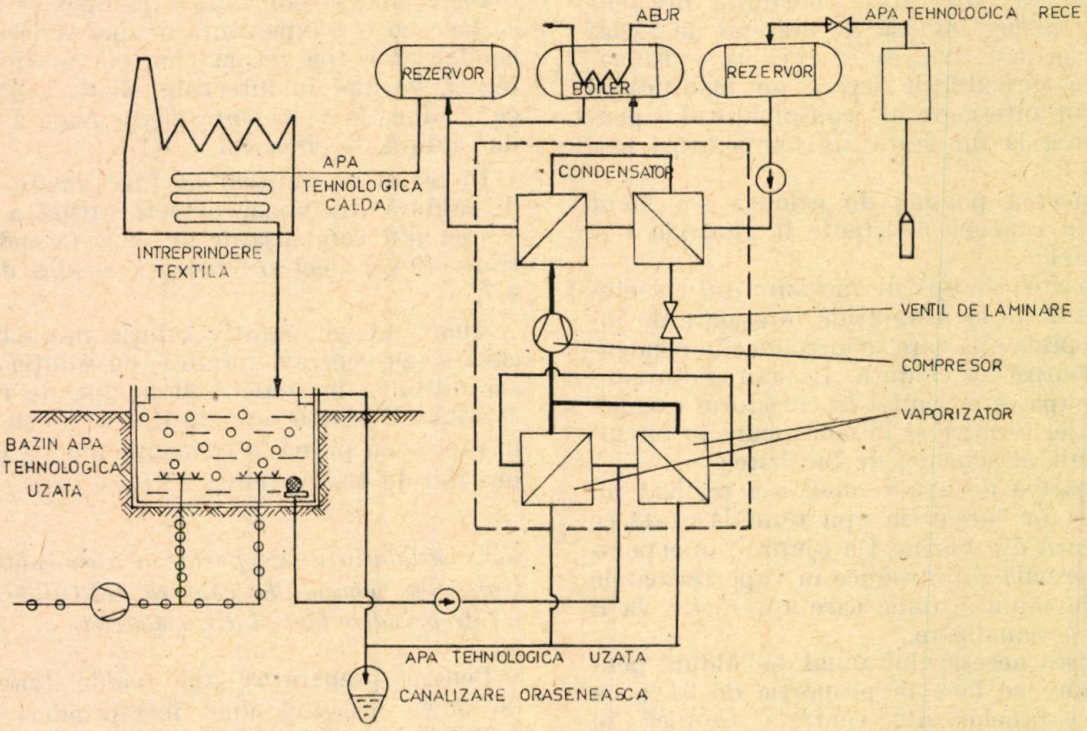


Fig. 7

de energie primară de circa 230 t c.c./an, ceea ce va permite recuperarea investiției în circa 4 ani.

6. Orientările în perspectivă ale cercetărilor și aplicațiilor

Avînd în vedere că rezultatele obținute din cercetările efectuate au confirmat avantajele și competitivitatea procedeului, în România se vor extinde în viitor activitățile de cercetare, dezvoltare tehnologică și asistență tehnică în acest domeniu, la nivelul cerințelor crescînde dictate de evoluția situației energetice. Orientarea acestor cercetări se va face în principal pe următoarele direcții:

— continuarea activităților de elaborare a soluțiilor tipizate de introducere a pompei de căldură în sistemele de alimentare cu căldură a clădirilor civile și industriale;

— adaptarea soluțiilor de schemă și echipamente elaborate în condițiile specifice diferitelor categorii de surse (căldură evacuată din echipamentele electroenergetice, căldură provenită de la răcirea intermediară a aerului în

— extinderea gamei de tipuri și de put unitare pentru agregate și echipamente co ponente (pînă la 25 Gcal/h);

— realizarea unor soluții avantajoase pent transportul la distanță al căldurii utile;

— stabilirea modului de conlucrare cu a surse de căldură în cadrul unor sisteme de a mentare cu căldură la distanță, realizate pompe de căldură de mare capacitate, cor punzătoare cantităților mari de căldură ev cuate în apele de răcire industriale.

În scopul stabilirii perspectivelor de utiliz a pompelor de căldură în economia națio în perioada 1982—1985 și în continuare, efectuat o analiză a situațiilor posibile de a care în diferite sectoare ale economiei na nale.

Analiza posibilităților de realizare a agre telor de pompe de căldură, corespunzătoare parametri și capacități situațiilor inventaria a fost efectuată în cadrul studiilor tehnico-e nomice de asimilare elaborate în anul 19 studii care au evidențiat că, pentru dife regimuri de funcționare (surse de 30°C și 1 respectiv consumatori de 80°C și 55°C), e necesară introducerea în fabricația de serie ță a agregatelor de pompe de căldură apă-

o gamă de puteri termice repartizată după
m urmează:

a) cu compresoare cu piston: puteri între
)3 şi 0,63 Gcal/h (realizate prin adaptarea
hipamentelor frigorifice din producţia ac-
ală);

b) cu compresoare elicoidale: puteri între
3 şi 3,15 Gcal/h (realizabile cu condiţia
milării pe bază de licenţă a compresoarelor
coidale de freon);

c) cu turbocompresoare: puteri de 6,3, 10
25 Gcal/h (realizabile cu condiţia asimilării
bază de licenţă sau în concepţie proprie a
bocompresoarelor de freon de mare capa-
ate).

Examinarea, pentru fiecare caz inventariat, a posibilităţilor concrete de instalare de pompe de căldură din gama agregatelor propuse prin studiile de asimilare, a evidenţiat că în perioada 1981—1985 se pot instala etapizat un număr de circa 3150 agregate de pompe de căldură cu compresie mecanică cu puteri între 0,03 şi 25 Gcal/h.

Ca urmare, a fost întocmit un program etapizat de utilizare a pompelor de căldură în economia naţională, corelat cu termenele de asimilare şi punere în fabricaţia de serie a agregatelor prevăzute în studiile de asimilare, rezultînd în final că economiile de combustibil realizabile la nivelul anului 1985 se situează în jurul cifrei de 525 000 t c.c./an.

steme de recuperare a căldurii pompe de căldură de puteri arte mari*)

Prof. dr. ing. **Florea Chiriac**
Şef lucr. ing. **Dragoş Hera**
Şef lucr. ing. **Kurt Cotovski**
Şef lucr. ing. **Vasile Minea**
Ing. **Horia Barbu**
— Institutul de construcţii Bucureşti —

Consideraţii generale

Pompele de căldură s-au impus în ultima
ioadă ca sisteme de recuperare a căldurii
resurse energetice secundare, avînd în
lere avantajele lor tehnico-economice. În
a noastră au fost iniţiate o serie de progra-
de cercetare, coordonate de C.N.S.T., în
lerea realizării şi implementării unor ti-
i de pompe de căldură în diverse sectoare
nomice. În acest sens sînt cunoscute rezul-
ele obţinute de o serie de institute de cer-
are, ca ICEMENERG, ICPIAF, INCERC,
na G, Institutul politehnic Iaşi, IPCT.
titutul de construcţii Bucureşti, prin Cate-
de termotehnică, şi-a orientat activitatea
pompele de căldură de puteri foarte mari,
peste 1000 kW putere termică, pompe de
lură care funcţionează pe principiul absorb-
, ejecţiei şi combinat compresie-absorbţie.
ealizarea unor pompe de căldură de puteri
te mari, care să funcţioneze după princi-
l instalaţiei cu compresie mecanică, este
tă de existenţa unor compresoare corespun-
are şi a unor agenţi termici avînd presiuni moderate la temperaturi de condensare ridicate. În ţara noastră aceste condiţii nu sînt asigurate pînă în prezent, nedispunîndu-se de compresoare foarte mari şi nici de agenţi frigorifici halogenaţi (freoni). În aceste condiţii, soluţiile care se impun constau în utilizarea de compresoare termochimice (absorbitoare-generatoare de vapori) şi a amoniacului drept agent termic. Utilizarea compresorului termochimic impune drept sursă de acţionare aburul de joasă sau medie presiune, apa fierbinte, apa caldă rezultată din resurse energetice secundare sau încălzită de soare. Acolo unde aceste surse energetice nu există şi se dispune de energie electrică, autorii au analizat şi soluţia cu utilizarea compresoarelor orizontale construite de Întreprinderea „23 August" pentru procese din industria chimică şi care se pot implementa şi în instalaţii frigorifice sau pompe de căldură de puteri foarte mari. Utilizarea amoniacului drept agent termic are o serie de limite, determinate de presiunile foarte mari de saturaţie ale acestuia la temperaturi relativ scăzute de condensare. Acest neajuns a fost eliminat de colectivul nostru, prin înlocuirea ciclului cu condensare-vaporizare cu ciclul cu resorbţie propus de cercetătorul german Altenkirch, care prezintă avantajele:

— presiuni de lucru mult mai scăzute;

— gradienţi de temperatură la încălzirea apei în absorbitor, cît şi în degazor (vaporizator), mult mai mari; de aici se pot realiza, la presiuni relativ moderate, temperaturi ale apei calde livrate de pompa de căldură mult mai ridicate;

— se elimină coloanele de rectificare-deflegmare. Drept compresor al instalaţiei se poate utiliza fie compresorul termochimic, fie compresorul mecanic.

Colectivul nostru a studiat şi a proiectat şi pompe de căldură de puteri mai mici, echipate

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Braşov, 3—5 decembrie 1981.

cu compresoare frigorifice produse de ICPIAF, avînd drept agent termic R12. În cele ce urmează se prezintă pompele de căldură gîndite și unele în curs de realizare pe o serie de platforme industriale.

2. Pompa de căldură apă-apă cu resorbție

Schema unei asemenea pompe de căldură este prezentată în figura 1.

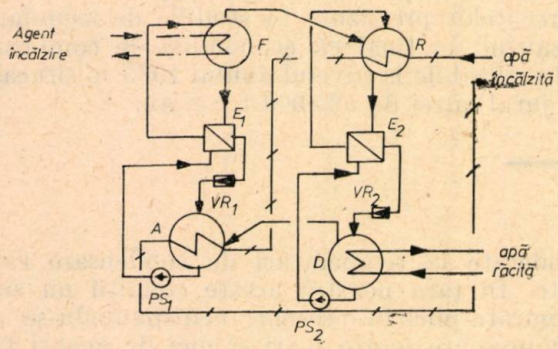


Fig. 1. Schema pompei de căldură cu resorbție.
F — fierbător; *A* — absorbitor; *D* — degazor; E_1, E_2 — economizoare; VR_1, VR_2 — ventile de reglaj; PS_1, PS_2 — pompe de soluție.

2.1. Principiul de funcționare. Sursa din care se recuperează este apa cu temperatura θ_{r1}, care nu depășește valoarea de 35°C...40°C. Această apă intră în degazorul *D*, unde se răcește, cedînd căldura unei soluții de amoniac-apă, care vaporizează. Vaporii rezultați sînt absorbiți de soluția săracă în amoniac din absorbitorul *A*, iar lichidul este preluat de pompa PS_2 și refulat în economizorul E_2 și apoi în resorbitorul *R*. Pompa de căldură trebuie să livreze apă caldă necesară pentru încălzire și consum menajer. Această apă caldă se prepară în două trepte, și anume : într-o primă treaptă în resorbitor, preluînd căldura ce se degajă la absorbția vaporilor proveniți din fierbătorul *F* de către soluția săracă rezultată în degazorul *D* ; în treapta a doua apa se încălzește în absorbitorul *A*, preluînd căldura de reacție generată de absorbția vaporilor de amoniac ce provin din degazorul *D*, de soluția săracă rezultată în fierbătorul *F*. O asemenea pompă de căldură este în curs de construcție pe platforma Danubiana. Caracteristicile tehnice al pompei de căldură sînt :

- puterea termică livrată de pompă $\Phi_c = 5000$ kW
- puterea termică recuperată de la resursa de energie secundară $\Phi_0 = 2000$ kW
- puterea termică consumată în fierbător pentru acționarea pompei $\Phi_t = 3\,000$ kW
- eficiența termică a pompei $\varepsilon_{pc} = 1{,}66$

La pompa de căldură de pe platforma Danubiana se folosește și apa răcită în degazor în procesul de fabricație a anvelopelor, și d eficiența pompei de căldură va fi :

$$\varepsilon_{pc} = \frac{\Phi_c + \Phi_0}{\Phi_t} = 2{,}33 \qquad (1)$$

2.2. Calculul ciclului termodinamic al ins lației. În figura 2 se prezintă ciclul termo namic al pompei de căldură.

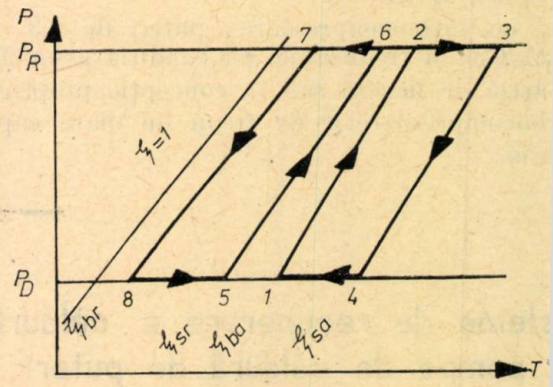


Fig. 2. Ciclul termodinamic al pompei de căldură cu resorb
1—2—3—4 — ciclul absorbției ; *5—6—7—8* — ciclul resorbției.

Ciclul 1 — 2 —3 — 4 corespunde procesu în grupul absorbitor *A* — economizorul E_1 fierbătorul *F*, iar ciclul 5 —6 —7 —8 procesu în resorbitorul *R* — economizorul E_2 — de zorul *D*. Procesul termodinamic corespunză funcționării pompei de căldură de pe platfor Danubiana se caracterizează prin următ parametri :

- temperatura apei care cedează căldură în dega 25°C/15°C
- temperatura apei calde livrate de pompă : 40°C/
- presiunile din instalație : $p_R = 16$ bar, $p_D = 6$ bar
- presiunea aburului de acționare a pompei de căl $p_a = 3$ bar
- domeniul de variație al concentrațiilor:
  ciclul de absorbție $\xi_{sa} = 0{,}25$ $\xi_{ba} = 0{,}40$
  ciclul de resorbție $\xi_{sr} = 0{,}65$ $\xi_{br} = 0{,}85$
- coeficienții de circulație : $f_a = 5$, $f_r = 2$

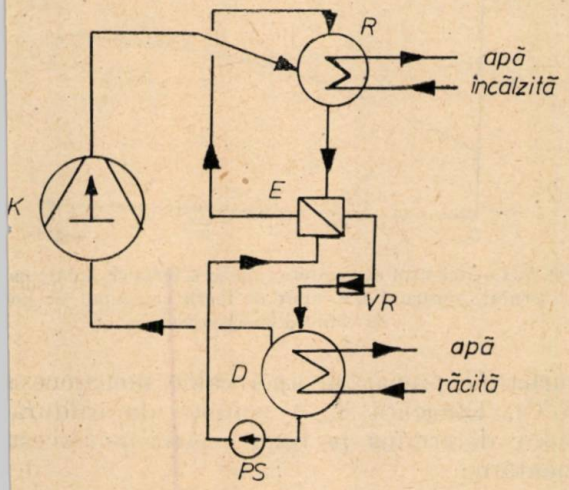
Variația temperaturii aceluiași debit de în resorbitor și absorbitor nu este de ace ordin de mărime, în absorbitor creșterea fi cu aproximativ 60 % mai mare decît în re bitor.

2.3. Construcția pompei de căldură. Apara componente ale pompei de căldură au consti ție clasică. Fierbătorul este pelicular, verti fără coloană de rectificare. Absorbitoru resorbitorul sînt schimbătoare multitubu orizontale, peliculare. Degazorul are constru unui vaporizator. În sistemul adoptat la nubiana, se utilizează vaporizatoare mult bulare, orizontale, care funcționează cu s ție de amoniac-apă în spațiul dintre tub

pararea vaporilor de lichid realizîndu-se în-un rezervor exterior.

Pompa de căldură apă-apă cu compresie ecanică și absorbție

3.1. Schema de principiu a unei asemenea stalații este prezentată în figura 3. În degarul D se produce recuperarea căldurii de la ursa energetică secundară, cu o soluție de oniac-apă care vaporizează. Vaporii rezulți sînt aspirați de compresorul K, comprimați refulați în resorbitorul R, unde are loc abbția lor de către soluția săracă hidroamo-



ig. 3. Schema pompei de căldură apă-apă cu compresie mecanică și absorbție.
compresor mecanic; E — economizor; VR — ventil de reglaj; PS — pompă de soluție.

cală. Din degazorul D, soluția săracă în oniac este preluată de pompa PS și refulată n economizorul E în resorbitorul R. Soluția ată din resorbitor trece prin economizor, tilul de reglaj VR și intră în degazor. Căla degajată în procesul de absorbție din R preluată de apa care se încălzește. Asemesisteme de pompe de căldură se utilizează în dițiile în care se dispune de energie electrică dusă hidroenergetic sau prin arderea de bustibili inferiori. Sistemul se folosește și nci cînd nu se dispune de abur pentru acarea compresorului termochimic. Pentru orma Uzinei „23 August" din București proiectat o asemenea pompă de căldură cu ătoarele caracteristici:

puterea termică livrată de pompă: $\Phi_R = 5000$ kW
puterea termică de la resursa de energie secundară: $\Phi_D = 3900$ kW
puterea electrică consumată pentru comprimarea vaporilor $p_c = 1100$ kW
eficiența pompei de căldură $\varepsilon_{pc} = 4{,}55$.

2. Calculul ciclului termodinamic al instai. Ciclul termodinamic al circuitului de rbție se prezintă în figura 4. Procesul termodinamic al pompei de căldură proiectată pentru platforma Uzinei „23 August" se caracterizează prin următorii parametri:

- temperatura apei care cedează căldură în degazor: 35°C/30°C
- temperatura apei calde livrate de pompă: 40°C/80°C
- presiunea din instalație $p_R = 14$ bar
- domeniul de variație $p_D = 3$ bar al concentrațiilor soluției: $\xi_b = 0{,}70$ $\xi_s = 0{,}45$
- coeficient de circulație: $f = 2$

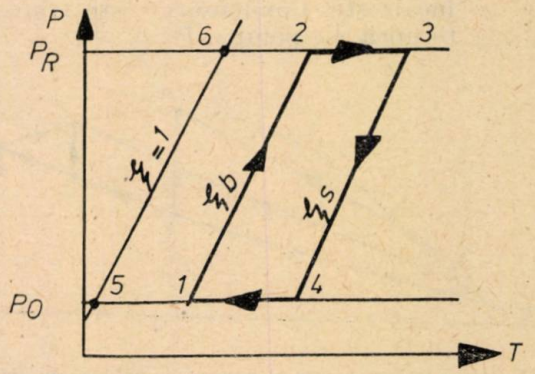


Fig. 4. Ciclul termodinamic al procesului de absorbție-degazare.
1–2–3–4 — ciclul absorbției; *5* — starea vaporilor aspirați de compresor.

3.3. Construcția pompei de căldură. Resorbitorul și degazorul au aceeași construcție ca aparatele de la pompa de resorbție. Pentru compresoarele mecanice au fost analizate compresoarele orizontale fabricate de Uzina „23 August" și compresoarele de amoniac ale Uzinei „Tehnofrig"-Cluj-Napoca. Primele prezintă avantajele unor caracteristici adecvate pentru comprimarea de vapori de amoniac, pe ecart mare de presiune, a unor debite mari de vapori.

4. Pompa de căldură cu ejecție de abur

Schema de principiu a unei asemenea pompe de căldură este prezentată în figura 5.

4.1. Principiul de funcționare. În vaporizatorul V are loc preluarea căldurii de la sursa rece, apa de răcit. Aceasta, după trecerea prin ventilul de reglaj VR, vaporizează parțial, pe seama căldurii luate de la restul masei de apă, care se răcește, și este recirculată către consu-

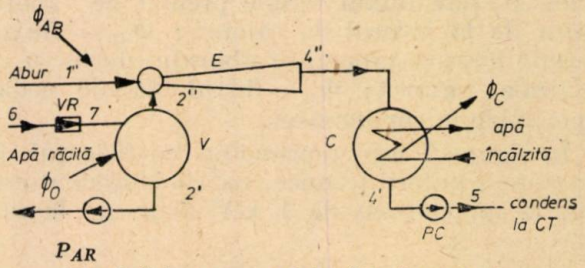


Fig. 5. Schema pompei de căldură cu ejecție.
E — ejector; V — vaporizator; C — condensator; VR — ventil de reglaj; P_{AR} — pompă apă răcită; P_c — pompă condensat.

mator cu pompa P_{AR}. Vaporii de agent produși în V sînt antrenați în ejectorul E de către aburul de lucru, care se destinde cu ajutorul ejectorului pînă la presiunea de vaporizare p_0. În ejector are loc amestecarea vaporilor aspirați cu aburul destins și comprimarea amestecului pînă la presiunea din condensatorul C, p_c. În condensator are loc condensarea amestecului de abur și vapori reci în contact cu agentul sosit de la consumatorul de căldură, apa care se încălzește. Condensatul este trimis la centrala termică cu pompa P.

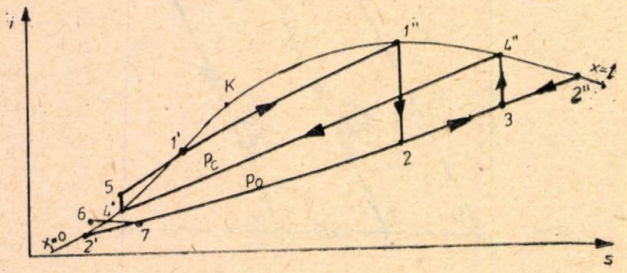


Fig. 6. Ciclul termodinamic al pompei de căldură cu ejecție.

4.2. Ciclul termodinamic al acestei instalații este prezentat în figura 6. Semnificația proceselor este următoarea: *1'—1''* — prepararea aburului de lucru în centrala termică; *1''—2* — destinderea aburului de lucru în E; *2—3*, *2''—3* — amestecarea vaporilor cu aburul de lucru în E; *3—4''* — comprimarea amestecului în E; *4''—4'* — condensarea amestecului în C; *4'—5* — pomparea condensatului în P_c; *6—7* — laminarea apei în VR; *7—2''* — vaporizarea apei în V. Au fost analizate pompele de căldură utilizate la încălzirea apei industriale în cazul în care izvorul de căldură îl constituie apa caldă de la turnurile de răcire. Calculele au fost efectuate pentru puteri termice, Φ_c de 0,5; 2 și 5 Gcal/h și presiuni ale aburului de lucru, p_{AB} de 4—16 bar. Apa de la turn, care cedează căldura, este răcită pe ecartul 30/15°C. Apa pe circuitul de încălzire își ridică temperatura de la 30 la 85°C. În cazul preparării apei calde menajere, ecartul este 30/55°C. Bilanțul termic al pompei de căldură cu ejecție este dat de relația:

$$\Phi_0 + \Phi_{AB} = \Phi_c, \qquad (2)$$

unde Φ_0 este fluxul termic preluat de vaporizator de la izvorul de căldură; Φ_{AB} — fluxul termic necesar preparării aburului de lucru în centrala termică; Φ_c — fluxul termic cedat apei calde în condensator.

În figura 7 este reprezentat coeficientul de creștere a puterii termice, cedate consumatorului, la un consum de 1 kW abur de lucru:

$$\alpha_{SUPL} = \frac{\Phi_0}{\Phi_{AB}} \text{(kW/kW)} \qquad (3)$$

În abscisa diagramei se prezintă presiun aburului de lucru p_{AB}, iar în ordonată coeficie tul de creștere a puterii termice, α_{SUPL}, pen două regimuri de temperaturi ce se obțin pompa de căldură. Curba *I* corespunde prep rării apei calde pentru încălzire (30/85°C),

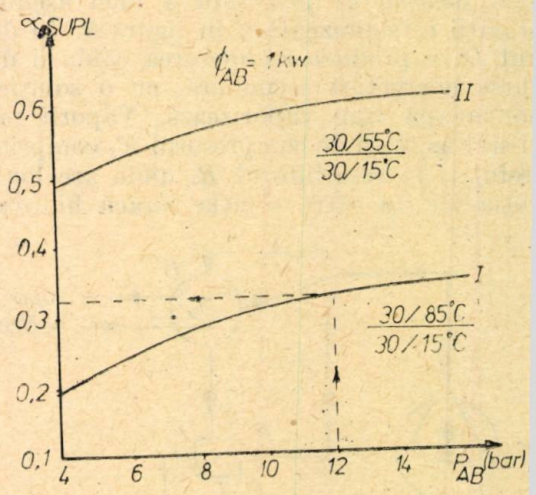


Fig. 7. Coeficientul de creștere a puterii termice cedate co matorului, pentru 1 kW abur de lucru consumat de po de căldură cu ejecție.

curba *II* preparării apei calde menajere (55°C). Eficiența ε_{pc} a pompei de căldură poate determina pe baza acestei puteri su mentare:

$$\varepsilon_{pc} = \frac{\Phi_c}{\Phi_{AB}} = \frac{\Phi_0 + \Phi_{AB}}{\Phi_{AB}} = 1 + \alpha_{SUPL}$$

Economia de combustibil convențional lizată prin prevederea pompei de căldură ejecție, în locul preparării agentului cald centrala termică, este dată de relația:

$$\Delta B = \frac{\Phi_c - \Phi_{AB}}{\eta_{cz} P_{ci}} \text{ [kg c.c./h]},$$

unde

η_{cz} este randamentul cazanului (în cal $\eta_{cz} = 0{,}8$); P_{ci} — puterea calorică inferi a combustibilului convențional ($P_{ci} = 7 \cdot$ Gcal/kg c.c.).

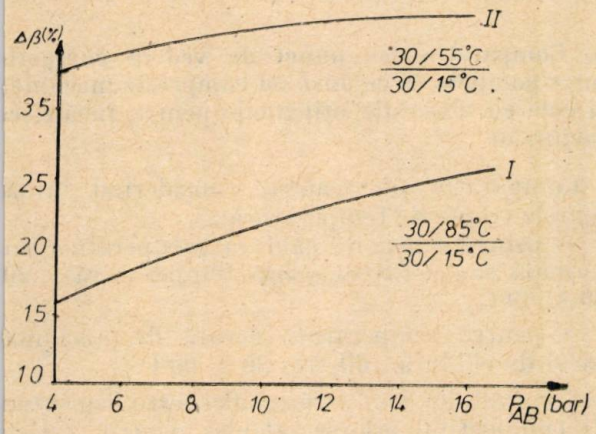
Raportată la consumul de combustibil cesar preparării clasice a agentului cald centrala termică), procentual, această econ devine:

$$\Delta\beta = \frac{\Phi_c - \Phi_{AB}}{\Phi_c} 100 = \frac{\alpha_{SUPL}}{1 + \alpha_{SUPL}} 100\ \%$$

Figura 8 ilustrează acest indicator. În ab diagramei este prezentată presiunea abu de lucru P_{AB}, iar în ordonată economia s fică de combustibil $\Delta\beta$ pentru cele două

imuri de temperaturi analizate ce se obţin la ompa de căldură.

Creşterea presiunii aburului de lucru aduce vantaje mai pronunţate în funcţionarea in-alaţiei, pînă la valorile de 10—12 bar. Utili-area aburului cu presiuni superioare acestor alori influenţează nefavorabil randamentul jectorului, prin creşterea pierderilor prin şoc n camera de amestec a acestuia, eficienţa nergetică şi economică a pompei de căldură $\varkappa_{SUPL}$, $\Delta\beta$) tinzînd spre valori constante.



g. 8. Economia specifică de combustibil convenţional pentru oducerea 1 kW livrat consumatorului prin pompa de căldură faţă de cazul preparării clasice.

4.3. *Cnstrucţia pompei de căldură cu ejecţie.* aporizatorul V, de obicei multietajat, este de pul deschis. Apa rece, care cedează căldura, ste pulverizată în interior, unde are loc vaporiarea ei parţială, pe seama căldurii preluate de restul masei de apă, care se răceşte.

Condensatorul, etajat şi el, este de suprafaţă, vertical. Poate fi multitubular sau cu serpentină. În ţevi circulă apa caldă, iar în spaţiul dintre ţevi şi manta condensează amestecul de abur şi vapori reci antrenaţi. Prevederea acestui tip de condensator permite separarea agenţilor, putîndu-se astfel recupera condensatul.

Ejectorul, fiind o piesă statică, de construcţie simplă, ieftină şi robustă, aproape total lipsit de uzură, prezintă un avantaj faţă de compresoarele clasice. Montajul instalaţiei se realizează în aer liber, pe verticală, compact, cu un ridicat grad de ocupare a terenului.

Exploatarea instalaţiei nu ridică probleme deosebite, putîndu-se realiza de personal obişnuit. Agentul de lucru fiind apa, introduce avantajele legate de utilizarea acesteia (accesibilitate, căldură de vaporizare mare, inofensivitate faţă de organismul uman, lipsa pericolului de explozie). Instalaţia se realizează cu cheltuieli mici, comparativ cu celelalte tipuri de pompe de căldură, conducînd la perioade scurte de recuperare a sporului de investiţie faţă de situaţia clasică de preparare a agentului cald (2—4 ani).

Bibliografie

[1] Chiriac, Fl. *Instalaţii frigorifice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1981.

[2] Von Cube, H. L. şi Steimle, F. *Wärmepumpen. Grundlagen und Praxis*, VDI Verlag, 1977.

[3] Plank, R. ş.a. *Handbuch der Kältetechnik*, Band 6. Berlin, Springer Verlag.

[4] * * * *Wärmepumpen. Grundlagen, Komponenten, Auslegung, Bau und Betrieb.* Vulkan-Verlag, Essen, 1977.

Contribuţii privind folosirea pompelor de căldură la valorificarea, pentru încălzirea incintelor, a apelor geotermale sau a resurselor energetice secundare de joasă temperatură*)

Prof. dr. ing. **Nicolae Dănilă**
Şef lucr. ing. **Ion S. Dumitrescu**
Şef lucr. ing. **Virgil Mușatescu**
— Institutul politehnic Bucureşti —

Problema utilizării economice a căldurii apelor eotermale şi a resurselor energetice secundare RES) de joasă temperatură ($\leqslant 40°C$), existente, n mari cantităţi în industrie, se poate rezolva, în general, prin folosirea unor transformatoare de căldură; dintre acestea, cele care asigură un nivel termic mai ridicat decît al sursei — impus de consumator — sînt pompele de căldură. În acest caz, totuşi, soluţionarea problemei privind recuperarea energiei termice de joasă temperatură este limitată cantitativ şi calitativ din cauza capacităţilor reduse şi a condiţiilor tehnice restrictive impuse de instalaţiile actuale realizabile.

Lucrarea urmăreşte determinarea soluţiei optime privind folosirea tipului şi mărimii pompelor de căldură utilizabile la acest fel de recuperare.

1. Tipurile de pompe de căldură luate în consideraţie

S-au luat în consideraţie pompele de căldură cu compresie mecanică şi cele cu absorbţie. Din prima categorie, s-au considerat pompele

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Braşov, 3—5 decembrie 1981.

cu freon-12, datorită avantajelor utilizării acestui agent frigorific și faptului că aceasta este soluția adoptată de întreprinderea „Tehnofrig"-Cluj-Napoca pentru programul național de pompe de căldură.

Din cadrul pompelor cu absorbție, s-au considerat atît cele cu NH_3 (soluția Institutului de construcții București), cît și cele cu LiBr (soluția Institutului politehnic Iași) [1], [2].

La pompele de căldură cu absorbție utilizînd NH_3 apar o serie de particularități legate de limitările tehnice actuale și de restricțiile impuse de condițiile de folosire. Astfel :

— Presiunea agentului frigorific la condensator este limitată, din considerente constructive, la 16 bar, ceea ce impune o circulație a agentului încălzit în sensul condensator-absorbitor (ciclu funcțional invers) și limitează superior temperatura de intrare a agentului încălzit.

— Din considerente legate de mărimea creșterii de temperatură maxim admisă pe condensatorul instalației și de relația între aceasta și creșterea de temperatură pe absorbitor, temperatura de intrare a agentului încălzit este limitată inferior. Pentru condițiile obișnuite (temperatura de condensare de 40°C și o creștere de temperatură pe condensator a apei încălzite de 12°C), rezultă o temperatură necesară la intrarea apei în pompa de căldură de 25°C.

— Întrucît instalațiile de încălzire actuale nu răcesc agentul termic pînă la acest nivel, întreaga instalație trebuie să funcționeze în circuit deschis, agentul termic trebuind să fie utilizat în alte scopuri, de exemplu pentru apă caldă menajeră, atunci cînd temperatura sa permite acest lucru.

Funcționarea în circuit deschis presupune alimentarea în permanență a instalației cu apă de rețea, cu o temperatură medie anuală de circa 10°C. Limitările impuse creșterilor de temperatură pe diversele schimbătoare de căldură înseriate nu ar permite realizarea temperaturii impuse de consumator în condițiile specificate mai sus.

— Aceste elemente expuse anterior conduc la necesitatea existenței unui preîncălzitor recuperativ, amplasat între condensatorul și absorbitorul instalației, și impun efectuarea unei recirculări (fig. 1).

La pompele de căldură cu LiBr, funcționarea se realizează după un ciclu funcțional direct (sensul de parcurgere de către agentul termic este de la absorbitor la condensator), iar principala limitare o constituie temperatura agentului frigorific la condensator (max. 55°C), din motive de cristalizare a soluției. Din această cauză, utilizarea pompelor de căldură de acest tip la instalațiile actuale de încălzire este imposibilă.

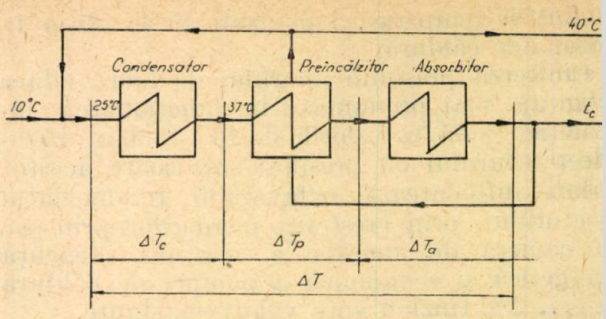


Fig. 1

2. Comparație din punct de vedere energetic între pompele de căldură cu compresie mecanică și cele cu absorbție utilizabile pentru încălzirea incintelor

Comparația s-a realizat considerînd următoarele trepte de temperatură :

— pentru sursa de căldură recuperată (geotermală sau RES de joasă temperatură) : 20, 40 și 60°C ;

— pentru temperatura cerută de consumatorul de căldură : 60, 70, 80 și 90°C.

Criteriul de comparație ales este consumul de combustibil primar calculat pentru 1 Gcal produsă.

Aceste consumuri specifice se pot determina cu relațiile :

$$b_c = b_{CTE} \frac{10^6}{860\,\varepsilon_c} \text{ [kg c.c./Gcal]}, \qquad (1$$

valabilă pentru pompele de căldură cu compresie mecanică, unde : b_{CTE} reprezintă consumul specific pentru producerea energiei electrice în sistem, în kg c.c./kWh, iar ε_c — eficiență globală a pompei de căldură cu compresie

$$b_{ab} = \frac{1{,}43 \cdot 10^2}{\varepsilon_{ab} \cdot \eta_c} \text{ [kg c.c./Gcal]}, \qquad (2$$

valabilă pentru instalația cu absorbție, folosind căldura produsă în centrala termică ; în această relație : ε_{ab} este eficiența globală a instalației de pompă de căldură ; η_c — randamentul cazanelor sursei de căldură.

În cazul în care căldura folosită în generatorul de vapori al pompei este produsă în termoficare, expresia consumului specific este

$$b'_{ab} = \frac{1{,}43 \cdot 10^2}{\varepsilon_{ab} \cdot \eta_c} - y(b_{CTE} - b_T) \text{ [kg c.c./Gcal]}, \qquad (3$$

unde y este indicele de termoficare corespunzător nivelului termic al agentului utilizat în generatorul de vapori, iar b_T — consumul specific de combustibil pentru producerea de energie electrică în termoficare.

Întrucît la pompele de căldură cu absorbţie doar o parte din căldura produsă are un nivel termic corespunzător utilizării pentru încălzire (fig. 1), este necesară luarea în considerare în calcule a unei eficienţe nete care să ţină seama de proporţia în care se produce căldură numai pentru încălzire :

$$\varepsilon_{ab,p} = \bar{q}_i \cdot \varepsilon_{ab}, \qquad (4)$$

unde $\bar{q}_i$ este cota de căldură utilizată pentru încălzire din cantitatea totală produsă de pompă $\left(\bar{q}_i = \frac{q_i}{q_{pompă}}\right)$. Această situaţie corespunde cazului în care agentul termic utilizat pentru preîncălzirea intermediară şi cel care a lucrat în instalaţiile de încălzire se aruncă, constituind o *ipoteză pesimistă* de calcul.

Ca *ipoteză optimistă* se poate considera folosirea integrală a acestor agenţi termici ca apă caldă menajeră la un nivel termic acceptabil, de circa 40°C.

Eficienţa este, în acest caz :

$$\varepsilon_{ab,o} = \varepsilon_{ab} \qquad (5)$$

În realitate, pentru o zonă de consum urban, între cantitatea de căldură utilizată pentru încălzire şi cea folosită pentru prepararea apei calde menajere există un raport de 10 : 2 ÷ 10 : 3. Ţinînd seama de aceasta, în cadrul unei *ipoteze probabile*, eficienţa ce trebuie luată în considerare este :

$$\varepsilon_{ab,r} = (1,\ 2 \ldots 1,\ 3)\, \bar{q}_i \cdot \varepsilon_{ab}. \qquad (6)$$

Determinînd eficienţele instalaţiilor de pompe de căldură cu compresie, respectiv absorbţie, în condiţiile de temperatură indicate în figura 1, rezultă variaţia consumului specific de combustibil funcţie de temperatura cerută de consumator şi de temperatura sursei recuperate (fig. 2 şi 3).

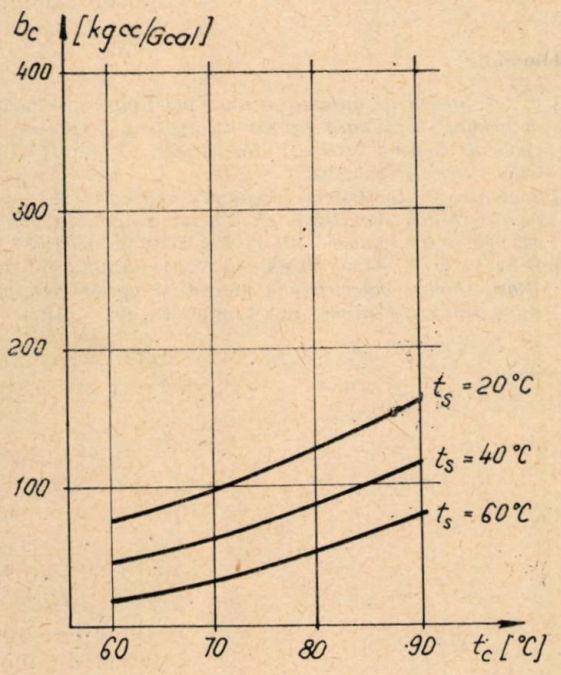


Fig. 2

Concluzii

Din punctul de vedere al consumului specific de combustibil, pompele termice cu absorbţie sînt, în majoritatea cazurilor, inferioare celor cu compresie.

Deşi în ipoteza optimistă, pentru temperatura sursei de 20°C, pare că pompa cu absorbţie devine competitivă cu cea cu compresie la valori ale temperaturii la consumator > 72°C, trebuie menţionat că pompa cu absorbţie nu produce decît circa 36,6% din căldură la temperatura de încălzire, restul fiind realizat la nivelul de apă caldă menajeră. Pentru a compara unitar, din punctul de vedere al temperaturii agentului încălzit, este necesară determinarea valorii medii a temperaturii acestuia, ţinînd seama de nivelurile termice diferite corespunzătoare celor două destinaţii. În acest sens, pentru cazurile menţionate, valoarea temperaturii medii este în jur de 60°C, nivel pentru care pompa cu compresie este superioară (fig. 2).

— În cazul alimentării pompei cu absorbţie din CET, consumul specific de combustibil al acesteia este inferior celei cu compresie numai în ipoteza optimistă a utilizării întregii cantităţi de căldură produsă. Aceasta se explică prin economia de combustibil realizată în termoficare faţă de producerea separată.

Atît în ipoteza probabilă, cît şi în cea pesimistă, consumul specific este superior, deci pompele termice cu absorbţie sînt dezavantajoase.

— Pompele termice cu absorbţie, din cauza limitării presiunii în instalaţie la valori maxime de circa 16 bar, nu pot fi utilizate la valorificarea unor surse geotermale cu temperaturi > 35°C, în timp ce pompele cu compresie pot fi folosite. Eficienţa acestora din urmă creşte odată cu mărirea temperaturii sursei (fig. 2).

— Pompele termice cu compresie realizează un singur nivel termic, impus de consumatorul de căldură pentru încălzire. În schimb, datorită soluţiei constructive a pompei cu absorbţie, impusă de realizarea nivelului termic al agentului pentru încălzire, aceasta produce căldură la două niveluri termice : unul ridicat (pentru încălzire), celălalt mediu (pentru apă caldă), ceea ce face ca temperatura medie a agentului termic produs să nu depăşească 60°C.

— Avînd în vedere structura consumului de căldură al unei zone de consum (încălzire şi apă caldă 10 : 2), pentru pompa de absorbţie

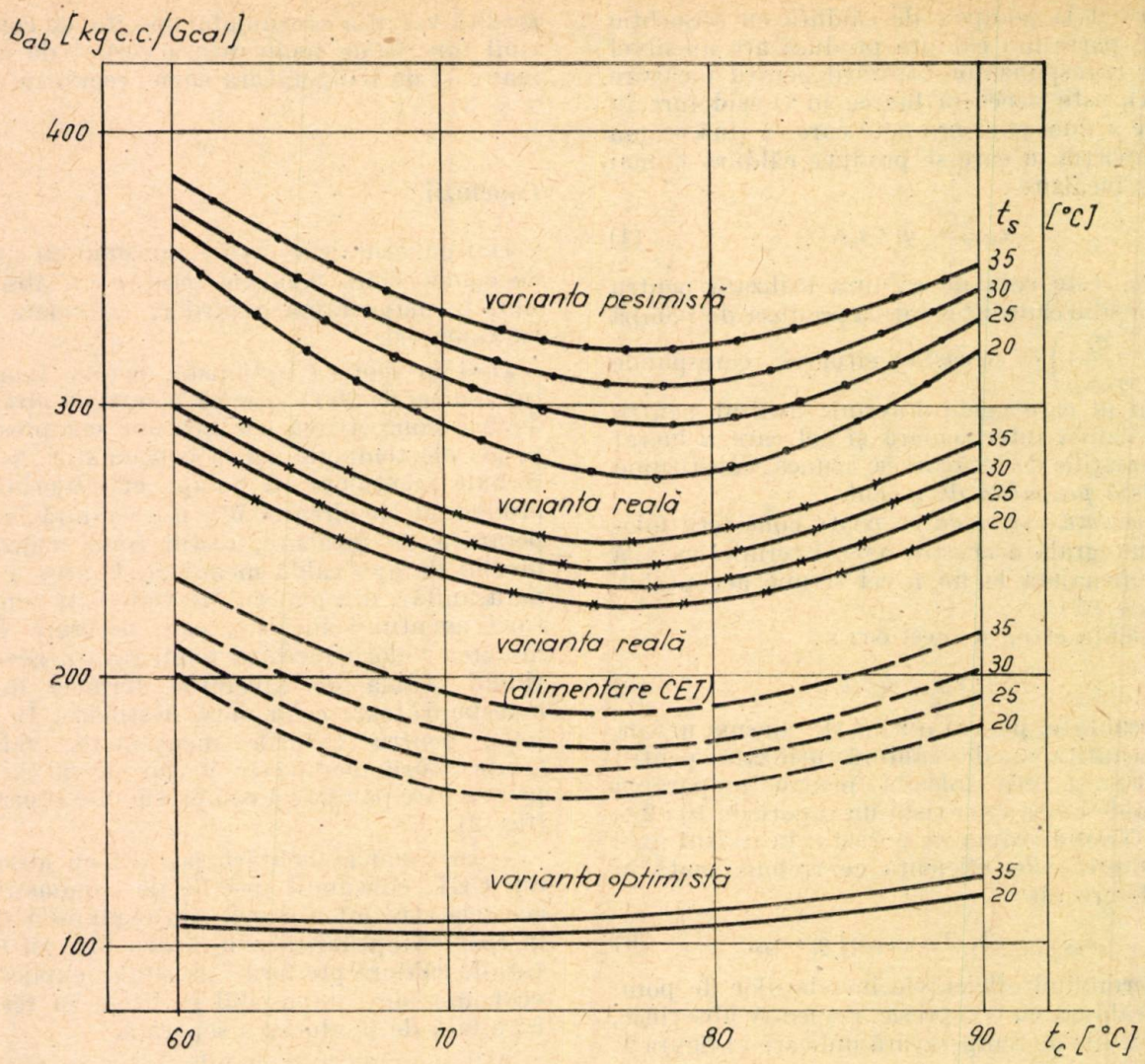


Fig. 3

rezultă un excedent de căldură la nivel mediu [3]. Utilizarea acestui excedent este legată de necesitatea pompării agentului termic la distanţe mari, preluîndu-se mai mulţi consumatori de apă caldă decît de încălzire. Evident, o asemenea situaţie se întîlneşte rar şi, chiar în acest caz, eficienţa de ansamblu este redusă de consumul suplimentar pentru pomparea agentului termic.

Bibliografie

[1] * * * *Studiu de utilizare a unor noi tipuri îmbunătăţi de pompe de căldură pentru încălzire şi preparare ap caldă de consum la clădiri industriale.* Studiu IPCT n 5550, decembrie 1980.

[2] *Instalaţie de încălzire şi preparare apă caldă de consu pentru clădiri industriale cu utilizarea apelor geoterm cu pompe de căldură.* IPCT, PE 5608/C, martie 198

[3] Dănilă, N., Muşatescu, V., Dumitrescu, *Posibilităţi de valorificare energetică a apelor geoterm de la Băile Herculane.* În : Energetica, nr. 5, 1981.

Aspecte tehnico-economice privind reducerea consumului de combustibili în domeniul transporturilor*)

Prof. dr. **Gheorghe Preda** — A.S.E.
Lector **Stana Brînzei** — A.S.E.
Ing. **Constantin Șarpe** — C.N.S.T.
Ec. **Khalid Bourquia** — A.S.E.
Ec. **Viorel Preda** — I.E.B.
Ing. **Dan Săveanu** — I.P.B.

Transporturile constituie una dintre componentele principale ale vieții social-economice a societății omenești. Acestea s-au dezvoltat continuu de-a lungul timpului, avînd un rol tot mai important de la o treaptă la alta a dezvoltării societății.

Pentru a răspunde scopului urmărit, mijloacele de transport trebuie să îndeplinească o serie de condiții, de ordin tehnic, economic și social, și anume: siguranța circulației, ritmicitatea transporturilor, efectuarea transporturilor cu cheltuieli minime, durata cît mai redusă a transportului, confortul călătoriei (transportul de călători), fiabilitate, integritatea cantitativă și calitativă a mărfurilor transportate, reducerea poluării mediului ambiant.

Fiecare sistem de transport răspunde, în raport cu specificul său, într-o măsură mai mare sau mai mică condițiilor enumerate. Abaterile trebuie să fie tratate ca deficiențe, care reduc eficiența tehnică, economică și socială a activității de transport.

Între condițiile mai sus enumerate s-a subliniat și cerința efectuării transporturilor cu cheltuieli minime, în cadrul cărora o pondere importantă revine combustibilului. Din rațiuni general economice, dar mai ales avînd în vedere și contextul crizei mondiale a energiei, este oportună preocuparea privind reducerea consumului de combustibili în transporturi.

Reducerea consumului de combustibili în transporturi poate fi privită prin prisma unei strategii generale sau a unei strategii parțiale.

Strategia generală are în vedere acele orientări care vizează ansamblul transporturilor sau sînt aplicabile tuturor sistemelor de transport. Cele mai importante dintre aceste orientări sînt [1]:

— limitarea volumului de transport;

— repartizarea rațională a sarcinilor pe diferite sisteme de transport;

— extinderea transporturilor combinate;

— reducerea masei moarte (absolută și/sau relativă) a mijloacelor de transport;

— intensificarea utilizării mijloacelor de transport.

Strategiile parțiale au în vedere acele orientări care vizează fiecare sistem de transport în parte.

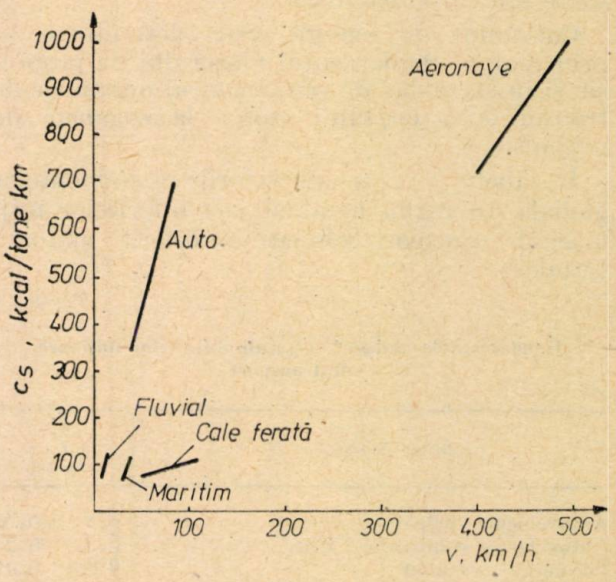


Fig. 1

O imagine cantitativ-calitativă a consumului specific de energie, c_s, în funcție de viteză, v, în transportul de mărfuri pentru o distanță de 500 km rezultă din figura 1. Se constată ușor că viteza *) are o influență hotărîtoare asupra consumului. Se constată că transportul fluvial, maritim și pe cale ferată se plasează practic în aceeași zonă în ceea ce privește consumul specific de energie, dar viteza este în favoarea căilor ferate. De asemenea se constată că transportul auto are un consum specific mult mai mare decît cel pe calea ferată.

În cadrul fiecărui sistem de transport pot avea loc mutații importante în ceea ce privește realizarea unor consumuri specifice mai mici de energie. Durata de timp și perioadele în care aceste mutații au loc, precum și gradul de reducere a acestor consumuri pot fi mult diferite, aspecte de care trebuie să se țină seama în activitatea de organizare și planificare a transporturilor.

Majoritatea mijloacelor de transport sînt echipate cu motoare termice, cu ardere internă sau externă. Dintre motoarele cu ardere in-

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Brașov, 3—5 decembrie 1981.

*) Influența factorului viteză se explică prin faptul că, indiferent de mediul în care evoluează mijlocul de transport (pe sol, apă sau aer), rezistența la înaintare cuprinde și viteza la pătrat, ceea ce face ca puterea necesară pentru propulsie să fie proporțională cu cubul vitezei, iar energia consumată, pentru o distanță, cu pătratul vitezei.

ternă, cele mai răspîndite sînt motoarele cu aprindere prin scînteie (MAS), cunoscute și sub denumirea de motoare pe benzină *), și motoarele cu piston, cu aprindere prin comprimare (MAC), cunoscute și sub denumirea de motoare diesel, motoare care consumă motorină **). Dintre motoarele cu ardere externă menționăm motoarele cu abur cu piston (locomotivele cu abur) și turbinele cu gaz în variantele turbopropulsoare sau turboreactoare.

Consumul de energie este determinat în principal de randamentul motorului de propulsie și în secundar de randamentul organelor de transmisie a cuplului motor la organele de propulsie.

În tabelul 1 [2] se dau valorile randamentelor globale (în regim nominal) ale diferitelor mijloace de transport echipate cu diferite motoare termice.

Tabelul 1

Randamentele globale*) (η_g) ale diferitelor mijloace de transport

Mijloace de transport	η_g (în regim nominal)
Autovehicule echipate cu MAC	0,3 ...0,32
Autovehicule echipate cu MAS	0,23...0,26
Locomotive cu abur	0,06...0,07
Locomotive diesel electrice	0,29...0,31
Locomotive diesel hidraulice	0,27...0,28
Locomotive diesel mecanice	0,28...0,30
Remorchere fluviale echipate cu motoare cu abur	0,09...0,10
Remorchere fluviale echipate cu MAC	0,25...0,3
Nave maritime comerciale echipate cu MAC	0,25...0,3
Avioane echipate cu MAS	0,2 ...0,22
Avioane turbopropulsoare și turboreactoare	0,2 ...0,26

*) Randamentul global al diferitelor mijloace de transport se determină pe baza randamentului motorului, randamentului organelor de transmisie și al organelor de propulsie.

În tabelul 2 [2] este dat consumul specific de energie în transporturi de călători.

În tabelul 3 [1] este prezentat comparativ consumul specific de energie al diferitelor sisteme de transport, pentru mărfuri și călători. Consumul la calea ferată s-a luat convențional egal cu unitatea.

*) MAS au o largă utilizare la autoturisme și, în general, la autovehicule de capacitate mică și medie (microbuze, autofurgonete, camioane de 3...4 t etc.). De asemenea, sînt folosite și în aviația utilitară și la avioanele civile cu 3...6 locuri. MAS se construiesc pentru nevoile transporturilor în gama de puteri de circa 30...200 CP.

**) MAC au luat o dezvoltare cu totul deosebită, fiind construite în prezent în gama de puteri de la 100 la 30 000 CP. Sînt folosite la autoturisme de medie și mare capacitate, autocamioane de medie și mare capacitate, autobasculante de mare și foarte mare capacitate, nave fluviale autopropulsate, remorchere și împingătoare, nave maritime cu motoare de propulsie de la 1000 la 30 000 CP, servicii auxiliare (grupuri motor-generator) pe nave fluviale și maritime, locomotive diesel-mecanice, diesel hidraulice și diesel-electrice.

Consumul specific de energie în transportul de călători

Tabelul 2

Felul mijlocului de transport	Viteză maximă km/h	Viteză comercială km/h	Consumul specific kcal/ călători/km
Tren super-expres	210	170	240
Tren expres	160—200	90—140	250—420
Tren rapid (11—14 vagoane)	140	80—120	110—210
Tren accelerat (11—14 vagoane)	120	70—90	80—170
Automotor suburban	120	35—40	65—170
Aeronavă (distanță medie 500 km)	700—800	500	1000—2800
Autocar turistic	80—100	50—70	120—190
Autobuz urban	40—50	15—18	65—100
Autoturisme în circulație urbană	—	—	470—900
Autoturisme în circulație interurbană	—	—	200—370

Tabelul 3

Consumul specific de energie al diferitelor sisteme de transport

	Calea ferată	Autocamioane și autobuze	Autoturisme	Fluvial	Maritim	Aerian	Conducte
Transport de mărfuri	1,0	4,0	—	0,9	0,8	30,0	0,4
Transport de călători	1,0	1,2	2,5	—	—	7,0	—

Un studiu întocmit în S.U.A. privind caracterul energointensiv al transportului de călători și mărfuri, între 1950—1970, arată, în legătură cu cele mai eficiente mijloace de transport — trenuri, șlepuri și sistemele de transport în comun —, că au început să fie înlocuite cu mijloace mai puțin eficiente energetic, cum ar fi camioane, automobile și avioane.

În exploatare interesează cantitatea de combustibili consumată pe unitatea de prestație, adică pe tona netă-km sau pe tona brută-km. În consecință, consumul specific de exploatare, c_s, se exprimă sub două forme:

$$c_{s(n)} = \frac{\text{cantitatea de combustibil consumată}}{\text{parcursul mărfurilor}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{tone nete-km}}\right]$$

$$c_{s(b)} = \frac{\text{cantitatea de combustibil consumată}}{\text{parcursul mărfurilor} + \text{parcursul mijloacelor de transport}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{tone brute-km}}\right]$$

Din punct de vedere economic, prima expresie este mai fidelă, ea arătînd ce cantitate de combustibil s-a consumat pentru efectuarea prestației utile.

Dezvoltarea transporturilor auto antrenează în proporții echivalente creșterea consumului de combustibili (benzină și motorină) și lubrifianți. Transportului auto îi revin în multe țări dezvoltate 2/3 din consumul de combustibil al sectorului de transporturi.

Reducerea consumului de combustibil a devenit un obiectiv principal în cercetarea și proiectarea motoarelor pentru automobile [3]. S-a stabilit, totodată, că prin întreținerea și exploatarea rațională a motorului și a automobilului în ansamblu sînt evitate creșteri substanțiale la consumul de combustibil, creșteri care pot micșora sau chiar anula realizările din faza de concepție.

Eficiența mijloacelor de creștere a randamentului utilizării energiei primare de către motorul de automobil, cu o creștere însemnată de la începutul dezvoltării sale, a intrat încă mai de mult în faza în care nu mai sînt de așteptat modificări însemnate prin perfecționarea actualelor structuri.

Reducerea consumului mediu de combustibil la 100 km, exprimat în l/100 km, depinde de patru grupe de factori, și anume: factori care țin de performanța motorului la proiectare și

mește parcursul pe litru (galon) de combustibil. Acest indice se notează fie cu s_l și se măsoară în kilometri pe litru, notat prescurtat kpl, fie cu s_g, care se măsoară în mile pe galon, prescurtat mpg. De reținut ca importantă relația: 1 mpg $\simeq$ 0,4 kpl.

În continuare se prezintă unele aspecte ale reducerii consumului specific efectiv de combustibil la MAS [3].

Consumul specific efectiv minim de combustibil, $c_{e\,min}$, la MAS este proporțional cu inversul randamentului efectiv maxim, $\eta_{e\,max}$, deci: $c_{e\,min} \sim 1/\eta_{e\,max}$.

Pentru a mări pe $\eta_{e\,max}$ trebuie sporite toate randamentele: randamentul mecanic (η_m); randamentul indicat relativ (η_i^0); randamentul ciclului teoretic (η_{ct}); randamentul arderii incomplete (η_{cl}^0). Acest deziderat este posibil, la actualul nivel al cunoașterii proceselor din motor, acționînd pe un număr limitat de direcții fundamentale (tabelul 4).

Motorul de automobil fiind policilindric, randamentul lui reprezintă o valoare medie $\overline{\eta}_{e\,max}$, care este mai mică decît cea mai bună valoare $\eta_{e\,max}$ pe care o poate realiza unul din cilindri, cu diferența: $\Delta\eta = \eta_{e\,max} - \overline{\eta}_{e\,max} > 0$. Diferența $\Delta\eta$ este determinată de abaterile dintre cilindri, hotărîte de soluțiile constructive și de precizia de fabricație. Luînd MAC ca

Tabelul 4

Direcții de cercetare și acțiune pentru reducerea consumului de combustibil [3]

- Reducerea frecărilor interne
- Reducerea pierderilor prin antrenare
- Reducerea pierderilor de pompaj

- Mărirea lui ε
- Mărirea lui λ ($\lambda > 1$)

- Mărirea vitezei de propagare a flăcării
- Reducerea spațiului de propagare
- Mărirea vitezei de reacție
- Reducerea pierderilor de căldură

→ Mărirea vitezei de ardere sau reducerea duratei de ardere

- Reducerea gradului de îmbogățire a amestecului
- Arderea completă a combustibilului

- Soluții constructive
  - $\Delta\lambda$
  - $\Delta\eta_v$
  - $\Delta\eta_{ev}$
- Precizia fabricației
  - $\Delta\varepsilon$
  - $\Delta\beta$

Procedee și soluții constructive privind:

- Sistem de aprindere și procedeul de ardere
  - Supracomprimarea
  - Camera de ardere, distribuția și mișcarea amestecului optimizat
  - Stratificarea amestecului
- Sistem de alimentare cu combustibil
  - Carburator multiplu
  - Injecție cu comandă electronică
- Sistem de distribuție a gazelor
  - Distribuția uniformă a fluidului proaspăt
  - Încălzirea fluidului proaspăt
  - Controlul ridicării supapelor
- Sistem de ungere
  - Natura și dimensiunile suprafețelor portante
  - Calitatea uleiului
- Sistem de răcire
  - Încălzirea rapidă a motorului
  - Temperatura optimă a fluidului de răcire

exploatare; factori care țin de proiectarea de concepție a automobilului; factori care țin de felul serviciului, de trafic, de gradul de încărcare; factorul combustibil.

În ultimul timp, în unele țări se folosește indicele de performanță al automobilului, și anume numărul de kilometri (mile) parcurși cu 1 litru (galon) de combustibil, care se denu-

motor de referință, care ilustrează un nivel de performanță deja atins, se poate face prognoza că peste un deceniu MAS care echipează un autoturism va consuma cu 25 —30 % mai puțin combustibil decît în zilele noastre.

Folosirea MAC la autoturisme este puțin extinsă, fiind cu mult în urma MAS, spre deosebire de tracțiunea grea, unde MAC este sin-

gurul folosit. A devenit însă necesară, în actualele condiții energetice, reconsiderarea poziției MAC ca motor de automobil.

Prognoza indică pentru anul 1990 că 10% din numărul autoturismelor vor fi echipate cu MAC, iar în anul 2000 25% din consumul de combustibil al automobilelor va fi consum de motorină.

Economia de combustibil situează MAC înaintea MAS. Fără eforturi deosebite, primul consumă în medie cu 20% mai puțin, datorită, în primul rînd, raportului de comprimare, ε, mai mare.

Orientarea către MAC în viitorul apropiat trebuie să țină seama de unele dezavantaje, cum sînt:

— imposibilitatea funcționării corecte la turații la fel de mari ca la MAS;

— consum mai mare de metal în fabricație;

— greutate și volum mai mare decît ale MAS de aceeași putere.

Aceste dezavantaje sînt mai accentuate atunci cînd comparația cu MAS se face în domeniul litrajelor mici și foarte mici.

Mijloacele cunoscute de îmbunătățire a economicității MAC sînt [4]:

— optimizarea orientării rețelei de izoconsumuri specifice de combustibil;

— creșterea calității de policarburare;

— sporirea regimului de turații utilizabile;

— supraalimentarea dinamică.

Se apreciază că industria mondială de mașini-unelte nu va putea realiza decît într-un timp mare investițiile uriașe necesare convertirii producției actualelor uzine de automobile pe MAS la automobile pe MAC.

Se ridică și în prezent întrebări asupra căilor și mijloacelor posibile ale propulsiei automobilului începînd cu etapa actuală și terminînd cu etapa în care consumul hidrocarburilor nu va mai fi posibil, ca urmare a împuținării sau epuizării acestora.

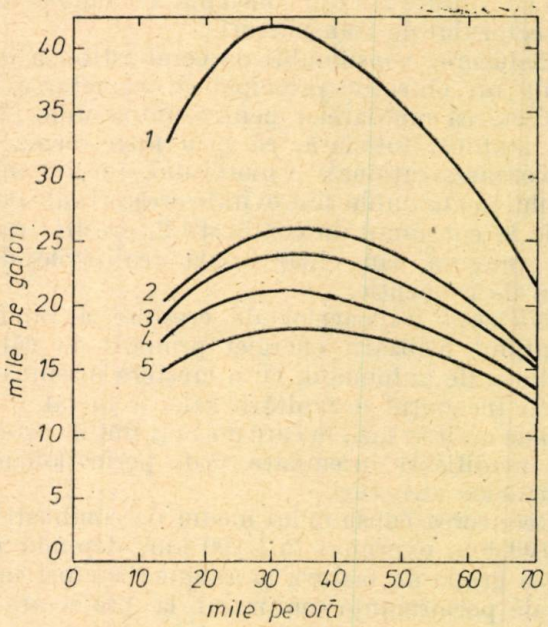
Oricare ar fi soluția finală a noului propulsor pentru automobil, în etapa care urmează motorul acestuia rămîne cel cu ardere internă. Prezintă interes deosebit acele soluții care i-ar îmbunătăți economicitatea prin măsuri ce nu necesită timp îndelungat de aplicare practică.

O trăsătură fundamentală a etapei următoare va putea consta în deplasarea masivă spre miniautomobile, cu motoare de mic și foarte mic litraj (250—700 cm^3).

Pentru a satisface și cerința combaterii poluării, pare destul de probabilă folosirea sistemului mixt de tracțiune (hibrid), electrică + motor de benzină.

În continuare, cîteva considerații privind cerința respectării limitei de viteză [5]. În S.U.A. limita de viteză este de 55 mile/h pe șosea. Este cunoscut că majoritatea automobilelor fac aproximativ cu 20% mai multe mile/galon pe șosea la o viteză de 55 mile/h decît la o viteză de 70 mile/h. Dar viteza cea mai eficientă este cuprinsă între 35 și 45 mile/h.

Este interesant de urmărit influența pe care o exercită limitarea vitezei asupra reducerii consumului de combustibili la automobile cu diferite greutăți și puteri ale motoarelor. Astfel, în figura 2 este reprezentată grafic eficiența



Curba	Greutate lb *	Motor CP
1	1700	40
2	3200	145
3	3480	230
4	4750	325
5	4300	280

* libră

Fig. 2

unui automobil funcție de viteză pe șosea. S-a notat pe ordonată eficiența transportului (mile/galon), iar pe abscisă deplasarea (mile/h). Eficiența scade, după cum se observă, la viteze mai mari de aprox. 30 mile/h, scăderea fiind mai accentuată la mașinile ușoare. La viteze foarte mici, eficiența este de asemenea scăzută. Totuși, în ciuda eficienței scăzute la viteze mai mari, oamenii renunță cu greu la timpul care se pierde printr-o funcționare la optim. Se apreciază că printr-o astfel de viteză optimă economia de petrol care s-ar obține la nivelul S.U.A. ar fi de 0,2 quads *)/an.

Organizarea traficului urban aglomerat are implicații deosebite asupra consumului de combustibil. Se înțelege cu ușurință că evitarea opririlor repetate la încrucișări și la orice alte particularități ale rețelei de trafic urban este de fapt evitarea în același timp a unui consum suplimentar, inutil, de combustibil. Alegerea

*) 1 quad = 10^{15} Btu (1 Btu $\simeq$ 0,252 kcal = 1055,04 J)

corectă a tipului de comandă și control al traficului este, în consecință, foarte importantă.

Nu există însă o soluție ideală pentru comanda traficului urban, ca urmare a caracterului profund variabil și întîmplător al elementelor sale.

În vederea reducerii influenței distanței interstații asupra consumului de combustibil la autobuze, în unele țări a fost stabilit în mod obligatoriu numărul de stații pe kilometru (două opriri pe kilometru) și la 8—10 minute de parcurs distanța pe jos pînă la stație. S-au introdus

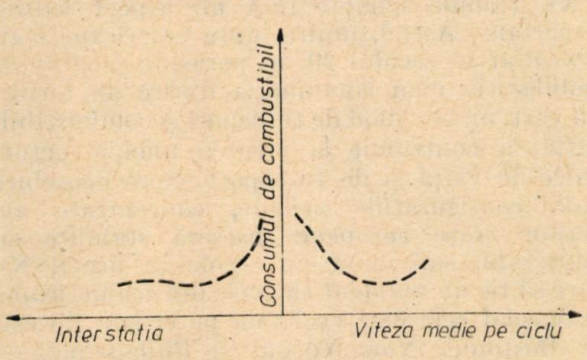


Fig. 3

totodată benzi pentru circulația autobuzelor, ceea ce a permis reducerea numărului de stații și creșterea vitezei de circulație cu 30%. Realizarea economiilor de combustibil obținute prin mărirea interstației și creșterea vitezei de circulație este dată în figura 3 [6].

Este importantă analiza consumurilor de combustibili ale mijloacelor de transport auto. La mijloacele la care, din compararea consumurilor normate de combustibil cu consumurile realizate, nu rezultă economii, ci depășiri, este necesară efectuarea unei analize atente asupra cauzelor care au condus la depășiri, în vederea înlăturării lor.

În unitățile auto unde consumul de combustibil este urmărit îndeaproape, depășirile de consum se elimină total, iar economiile constituie o regulă.

În continuare se prezintă succint posibilitățile de conservare a energiei în domeniul transporturilor feroviare, fluviale, maritime și aeriene [1], [6].

În transportul feroviar, remorcarea trenurilor se face fie cu locomotive autonome — cu motoare diesel sau cu abur, fie cu locomotive neautonome electrice, alimentate de la rețea.

Randamentul locomotivelor cu abur este de circa 4—5 ori mai mic decît cel al locomotivelor electrice și diesel, impunîndu-se în consecință retragerea lor din exploatare.

Randamentul locomotivelor electrice și al locomotivelor diesel diferă puțin, ceea ce face dificilă alegerea unui sistem de remorcare sau altul. În favoarea tracțiunii electrice pledează faptul că energia electrică poate fi produsă și din combustibili inferiori la nivelul sistemului energetic național, în timp ce locomotivele diesel funcționează numai cu hidrocarburi.

Este cunoscut că într-o economie modernă energia consumată sub formă de energie electrică se situează la un procent de circa 30%. Întrucît energia electrică poate fi obținută și din combustibili inferiori, energie hidraulică și energie nucleară, se impune cerința extinderii electrificării căilor ferate, deoarece acestea reprezintă practic unicul transport care poate utiliza locomotive neautonome.

Dar în transportul pe cale ferată pot fi luate în considerare și alte posibilități de economisire a energiei electrice, cum sînt: utilizarea de materiale mai ușoare, reducerea rezistenței aerodinamice și recuperarea energiei de frînare.

În transportul fluvial se extinde din ce în ce mai mult utilizarea motoarelor diesel pentru propulsia navelor, ca urmare a faptului că motoarele cu abur, mai ales cele cu piston, au un randament redus.

În transportul maritim, avînd în vedere dimensiunile mari ale navelor, acestea pot fi echipate cu instalații energetice de propulsie și servicii auxiliare dintre cele mai diferite. La navele maritime, motoarele diesel din ce în ce mai mari — rezultat al progresului tehnic — cunosc o largă utilizare. Sfera de aplicare a turbinelor cu abur privește doar navele de foarte mare capacitate.

Trebuie acordată o atenție deosebită creșterii randamentului de propulsie la aceste nave. Dimensiunile de gabarit diferite ale navelor maritime de cele ale altor mijloace de transport fac posibilă prevederea unor instalații de recuperare a energiei. Sînt de menționat, în această privință, ca domenii de utilizare, fluidizarea păcurii și prepararea apei calde menajere și a apei pentru igienizare, pe seama energiei termice recuperate din gazele de eșapare ale MAC. Pe baza energiei recuperate ar putea fi produs și frig artificial necesar păstrării alimentelor și condiționării aerului (pe timp călduros) [7].

Se impune de asemenea, pentru motivele arătate mai sus, îmbunătățirea exploatării, întreținerii și reparării motoarelor diesel, principale și secundare.

Este necesară, totodată, evitarea curselor în gol, mai ales în cazul navelor de mare tonaj de pe liniile lungi de navigație.

În transportul aerian, economisirea de energie trebuie să fie privită ca rezultat al optimizării funcționării motoarelor turboreactoare (MTR) și turbopropulsoare (MTP) și al utilizării unor noi generații de motoare, mai perfecționate, al unor noi concepții privind suprafața portantă și al ușurării structurilor.

Este importantă precizarea influenței acelor factori care fac ca energia folosită în transportul de pasageri să fie în mod izbitor mai

scăzută în țările vest-europene și în Japonia decît în America de Nord. (S-a întocmit în acest scop un stuidu *). Acești factori sînt: prețurile, densitatea populației în localități și suprafața acestora, tendințe de-a lungul timpului și măsurile de politică publică [8]—[11].

În medie, distanțele parcurse de călători în Statele Unite sînt de trei ori mai mari decît cifra corespunzătoare pentru Japonia și de peste două ori mai mari decît ale majorității țărilor europene analizate. Transportul pe cap de locuitor în Canada este cel mai apropiat de cel din S.U.A. Este de reținut de asemenea predilecția americanilor pentru călătorii, indiferent de cantitatea de energie necesară.

Transportul public pe sol efectuat cu autobuze și trenuri reprezintă 3% în S.U.A., 64% în Japonia și aproape 20% în țările vest-europene. Automobilul și avionul ating proporția națională cea mai ridicată în S.U.A., fiind mijloace de transport caracterizate, spre deosebire de autobuze și trenuri, prin intensități ale energiei relativ înalte.

Americanii și canadienii folosesc mult avionul în interiorul țărilor lor, în timp ce, spre exemplu, olandezii îl folosesc mai ales în afara granițelor țării lor.

În 1970 prețul combustibilului pentru automobile în celelalte țări era între 100% și 250% deasupra celor care dominau în S.U.A. Ulterior s-a înregistrat doar o reducere ușoară a acestei neconcordanțe. Așa se explică de ce în S.U.A. este favorizată o activitate auto disproporționat mai mare în comparație cu cea din celelalte țări analizate.

Regiunile cu o densitate ridicată a populației par să fie mai potrivite pentru transportul în comun, spre deosebire de regiunile cu așezări dispersate, care sînt relativ mai potrivite utilizării transportului auto. Sistemele de transport în comun care necesită investiții imense de capital (metrourile fiind exemplele cele mai notorii) necesită un număr de călători corespunzător pentru a fi eficiente economic, pentru a face față costurilor mari determinate de investiții, combustibil, forță de muncă etc.

Numărul de pasageri necesar este mai ușor de găsit în zone puternic construite decît în regiuni cu așezări dispersate. Prezența și supraviețuirea unei rețele de transport public foarte dezvoltată într-o regiune urbană concentrată, așa cum este cazul orașului New York, și absența ei într-o regiune întinsă, cum este cazul Los Angelesului, de exemplu, reflectă această stare de lucruri.

Cu excepția Olandei, Japonia este țara cu cea mai mare densitate a populației, sistemul ei de transport în comun depășind cu mult pe cel al celorlalte țări. Suedia — țară cu o densitate mică a populației — prezintă totuși o proporție ridicată de transport în comun.

„Masa critică" (sub forma unei densități ridicate și a unei populații mari) este necesară pentru asigurarea unui transport urban în comun eficient. Zona urbană a Los Angelesului, cu 8,7 mil. locuitori (cu o densitate de 8700 locuitori pe milă²), are un transport în comun ineficient, în timp ce Münchenul, mai mic, cu 1,7 mil. locuitori, dar mai dens (14 000 locuitori pe milă²), are un sistem de transport în comun eficient.

Nu trebuie ignorat însă un aspect istoric important. Astfel, multe orașe americane s-au dezvoltat în secolul 20, în perioada post-automobilistică, cînd combinația dintre un teritoriu vast, un nou mod de transport și combustibili ieftini a contribuit la crearea unei structuri unice de viață și de transport. Spre deosebire însă, configurațiile urbane, concentrate ale multor orașe europene fuseseră stabilite cu mulți ani, sau chiar cu secole în urmă. Nu pare să fie un accident că acele orașe americane, în special cele mai vechi de pe coasta de est, ca Bostonul, New Yorkul și Philadelphia — care se aseamănă cel mai mult cu unele orașe europene — sînt în același timp orașe în care transportul în comun supraviețuiește ca o tradiție de durată.

Puține țări par să fie imune răspîndirii suburbanizării. Odată cu ea apare orientarea oamenilor spre genul de mobilitate pe care numai automobilul pare capabil să-l satisfacă.

Politicile publice — taxe, subvenții, programe de cheltuieli — și măsurile normative pot juca un rol important în determinarea structurilor de transport național. Mijloacele de încurajare și de descurajare au posibilitatea nu numai să promoveze obiective raționale, dar și să distorsioneze priorități sociale și economice.

Taxele pe benzină au fost mult mai ridicate în celelalte țări decît în S.U.A. și Canada. Aceste taxe ridicate provin însă în mare măsură din căutarea de venituri guvernamentale.

Transportul cu trenul, în special, este puternic subvenționat în toată lumea. Pierderi mari se înregistrează atunci cînd nu se reușește atingerea unui număr ridicat de călători.

*) Țările vest-europene analizate au fost: Franța, R.F. Germania, Italia, Olanda, Marea Britanie și Suedia.

Bibliografie

[1] Turbuț, Gh. *Energetica și transporturile*. În: „Energi în următoarele trei decenii", Editura Academiei R. S România, București, 1979, p. 75—77; 79—82.

[2] Turbuț, Gh. *Sistemul unitar de transport al R. S România*. Editura tehnică, București, 1981, p. 82, 87

[3] Grünwald, B. *Teoria, calculul și construcția motoa relor pentru autovehicule rutiere*. Editura didactică pedagogică, București, 1980, p. 850—854; 869—875

[4] Aramă, C., Șerbănescu, A. *Economia combustibil la automobile*. Editura tehnică, Bucureș 1974, p. 74—75.

[5] Winfrey, R. *Economic Analysis of Highways*. Inte Textbook Co., Scranton, Pennsylvania, 1969.

[6] S. Mercan, Al. Oprişan. *Îndrumătorul lucrătorului din transportul urban şi interurban de persoane.* Editura tehnică, Bucureşti 1980, p. 304—305.

[7] Preda, Gh. *Studiu privind posibilităţile de reducere a consumului de combustibil în domeniul transporturilor maritime.* Studiu întocmit pentru M.T.Tc. în anul 1979 şi realizat pe exemplul M/V „Vidraru" din flota maritimă a R. S. România, navă de 25 000 tdw, în cursa acesteia port Constanţa, R. S. România — port Tampa, S.U.A.

[8] Over, A. J. *Energy Conservation: Ways and Means* (The Hague, Future Shape of Technology Foundation, 1974).

[9] Kravis, B. I., Kenessey, Z., Heston, A., Summers, R. *A System of International Comparisons of Gross Product and Purchasing Power.* Baltimore. Published for the World Bank by The John Hopkins University Press, 1975.

[10] * * * U.K. National Economic Development Office. *Energy Conservation in the United Kingdom.* London, HMSO, 1974.

[11] * * * *Transport Policy.* Vol. 1, London : HMSO, 1976.

[12] Stobaugh, R., Yergin, D. *Energy Future.* Report of the Energy Project at the Harward Business School. Ballantine Books. New York, 1980 (Transportation), p. 179—192.

Arderea cu recirculare de gaze pentru evitarea zgurificării a combustia în strat a ligniţilor*)

Conf. dr. ing. **Nicolae Antonescu**
— Institutul de construcţii —

azane mici funcţionînd cu combustibil solid

Analizînd situaţia realizării de cazane mici ıncţionînd cu combustibil solid inferior — gnit brut —, se constată că nu s-au obţinut ezultate satisfăcătoare, mai ales dacă se ţine eama că în conformitate cu noile reglementări rebuie să se extindă mult utilizarea ligniţilor la ıicii consumatori.

Cazanele mici omologate pînă în prezent pe ombustibil solid funcţionează cu un combusbil care nu se livrează uzual, deci nu se pot tiliza în dotări'e curente de instalaţii :

— cazanul CIC-01-00 — brichete de Coroieşti, cu putere calorică $H_i = 5444$ kcal/kg ;

— cazanul F-25 — brichete Coroieşti — Petrila, cu putere calorică $H_i = 5992—5611$ kcal/kg ;

— cazanul AIACS — brichete Petrila, cu $H_i = 5630$ kcal/kg, şi brichete Coroieşti cu 5590 kcal/kg.

În ceea ce priveşte calitatea rezultatelor obnute la unele cazane încercate pe lignit brut, te suficient să menţionăm rezultatele obţinute măsurătorile de omologare a cazanelor „Melica". Chiar în condiţiile funcţionării cu difeţi ligniţi sortaţi, puterea lor calorică fiind de 55—3150 kcal/kg, ceea ce depăşeşte calitatea gnitului brut obişnuit, s-a obţinut :

— în funcţionare cu lignit de Rovinari : exces de aer 2,45 randament de cazan 57,95 % ;
— în funcţionare cu lignit de Schitu-Goleşti : exces de aer 5 şi randament de cazan 55,93 % ;
— în funcţionare cu lignit de Comăneşti : exces de aer 4,5 randament de cazan 41,14 %.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeienilor din România. Braşov, 3—5 decembrie 1981.

De menţionat că şi condiţiile de exploatare impuse de zgurificarea continuă a stratului — răscolire cu ranga la fiecare 15 minute pentru deblocarea stratului — sînt necorespunzătoare.

Cu aceste rezultate nu se poate spune că în prezent problema cazanelor mici funcţionînd cu combustibil solid inferior este rezolvată.

Tehnica arderii cu recirculare de gaze

O tehnică deosebită de ardere a ligniţilor, care evită zgurificarea stratului, ca efect foarte important, dar care duce şi la alte îmbunătăţiri funcţionale, este arderea cu recirculare de gaze de ardere. Această tehnică, fundamentată prin cercetările teoretice efectuate în cadrul Catedrei de termotehnică din cadrul Institutului de construcţii Bucureşti şi prin verificări experimentale, oferă toate premisele pentru realizarea unor cazane mici cu ardere în strat a ligniţilor cu performanţe ridicate.

Pentru urmărirea comportării termocinetice a lignitului s-a utilizat metoda derivatografică, după o tehnică de cercetare specifică arderii combustibililor solizi [1], [2]. Probele de lignit brut, cu umiditatea masei de lucru, au fost testate din punctul de vedere al funcţiilor :

TG — gravimetrie termică — variaţia masei probei în timpul procesului de ridicare a temperaturii ;

DTG — gravimetrie termică derivată — viteza de variaţie a masei probei, adică gradientul masei funcţie de temperatură ;

DTA — analiză termică diferenţială — efectul termic al procesului : endotermie sau exotermie.

Rezultatele obţinute sînt prezentate în tabelul 1 pentru lignit brut de Ilţ, Hărăşti şi Poiana. Se remarcă clar etapele principale de ardere a lignitului, intervalul de temperaturi între care are loc procesul respectiv şi efectul termic al fazei. Comportarea tuturor ligniţilor analizaţi este asemănătoare în procesul de ardere, cu toate că din punct de vedere calitativ ei sînt foarte diferiţi. Se disting astfel următoarele etape cu intervalele respective de temperaturi :

a) vaporizarea umidităţii libere de îmbibaţie, precum şi a apei legate fizic în structura capi-

lară, în intervalul 20 —140°C cu un efect endotermic de —15 la —27 și pierdere procentuală de masă de 13,6 la 28,8 ;

b) degajarea și arderea unor volatile ușoare, care încep să imprime un caracter exotermic arderii, în intervalul de temperaturi 120 la 240°C, cu un efect exotermic maxim de 15 la 21 și pierdere procentuală de masă de 2,5 la 4 ;

c) degajarea și arderea masei mari de volatile, proces cu caracter exotermic puternic în intervalul de temperaturi 200 —480°C, cu un efect exotermic maxim de 60 la 146 și o pierdere procentuală de masă de 12,7 la 37,6 ;

d) arderea carbonului fix, proces cu caracter exotermic în intervalul de temperaturi de 440 la 720°C, cu un efect termic maxim de 10 la 18 și o pierdere procentuală de masă de 3,2 — 8,8 ;

e) terminarea arderii la o temperatură care variază într-un interval restrîns, 680 la 720°C, cu un rest de masă de cenușă de 39,2 la 56,8 %.

Tabelul 1

Analize derivatografice de ligniți

t °C	Ilț			Hărăști			Poiana		
	TG	DTG	DTA	TG	DTG	DTA	TG	DTG	DTA
20	0	0	−12	0	8	−15	0	4	−11
80	20	15	−16	34	29	−27	26	21	−15
100	27	8	−8	47	12	−16	29	7	− 9
140	31	3	0	52	3	0	32	2	0
200	36	4	+12	56	4	+11	35	3	+10
300	65	38	+92	71	24	+83	44	22	+68
370	110	40	+146	113	27	+135	79	16	+92
400	128	26	+128	126	16	+79	86	14	+59
450	140	6	+8	148	2	0	99	2	− 3
500	145	5	+13	154	5	+17	102	3	+10
600	152	3	+10	161	2	+ 5	108	2	+ 7
700	155	1	+2	163	1	+ 1	110	1	+ 1
800	160	0	0	164	0	0	110	0	0

Din rezultatele acestor analize se pot trage o serie de concluzii importante privind efectul unei recirculații de gaze de ardere în procesul de combustie a ligniților. Astfel, pentru procesul de aprindere este necesară o cantitate mare de căldură ; aceasta, pentru a fi furnizată pe o lungime mică de grătar, în vederea reducerii dimensiunilor grătarului, se poate furniza de gaze de ardere recirculate (în cantitate relativ mare), care măresc viteza de circulație prin patul de combustibil și temperatura, deci implicit viteza de uscare.

Schimbul de căldură convectiv, care furnizează căldura necesară vaporizării, poate fi exprimat de o relație de tipul :

$$\alpha_a = \frac{\lambda}{l} (\mathrm{Re})^{0,6} \cdot \mathrm{Pr}^{0,4} \cdot C_\sigma \qquad (1)$$

unde criteriul Reynolds este funcție de viteză, iar viteza o funcție de debitul de gaze :

$$\mathrm{Re} = \frac{wl}{\nu} \quad ; \quad w = \frac{D_g}{S} \qquad (2$$

Dacă în condițiile fără recirculație volumu de gaze unitar este V_g, iar în condițiile cu re circulație este mărit la $V_g + V_r$, atunci ș coeficientul de schimb de căldură se va mări în proporția :

$$\frac{\alpha_{a+r}}{\alpha_a} = \left(\frac{V_a + V_r}{V_a}\right)^{0,6} \qquad (3$$

În acest proces de uscare trebuie să se țin seama și de intensificarea puternică a uscări datorită creșterii temperaturii agentului d uscare, de la temperatura aerului de ardere, t_a la o temperatură mai ridicată, aceea a amestecului aer-gaze de ardere recirculate :

$$t_{a+r} = \frac{V_a \cdot c_{pa} \cdot t_a + V_r c_{pg} \cdot t_r}{V_a \cdot c_{pa} + V_r c_{pg}} = \frac{W_a \cdot t_a + W_r t_r}{W_a + W_r}, \qquad (4$$

unde s-au notat echivalenții termici $W_a = V_a c_{pa}$ și $W_r = V_r c_{pg}$.

Rezultă o creștere relativă a temperatur agentului de uscare :

$$\frac{t_{a+r}}{t_a} = \frac{\dfrac{W_a \cdot t_a + W_r \cdot t_r}{W_a + W_r}}{\dfrac{W_a \cdot t_a}{W_a}} = \frac{1 + \dfrac{W_r}{W_a}\dfrac{t_r}{t_a}}{1 + \dfrac{W_r}{W_a}} \qquad (5$$

În ansamblu, intensificarea procesului d uscare pe grătar va fi de ordinul de mărime

$$\frac{\alpha_{a+r}(t_{a+r} - t_m)}{\alpha_a(t_a - t_m)} = \left(1 + \frac{V_r}{V_a}\right)^{0,6} \times$$

$$\times \left[\frac{1 + \dfrac{W_r}{W_a}\cdot\dfrac{t_r}{t_a}}{1 + \dfrac{W_r}{W_a}} - \frac{t_m}{t_a}\right]\left(1 - \frac{t_m}{t_a}\right)^{-1} \qquad (6$$

unde t_m este temperatura materialului în stra

Cel mai important fapt de remarcat din r zultatele analizelor de laborator este cel privi terminarea procesului de ardere completă cărbunelui la o temperatură de 680 —720° Rezultă deci că temperatura stratului poate coborîtă pînă la 750 —800°C, ceea ce depărtea atît de mult temperatura stratului de temper tura de fuziune a zgurii, încît, chiar și în un

ocuri unde s-ar produce local temperaturi mai ridicate, nu se va ajunge la pragul de blocare a stratului cu zgură.

Coborîrea temperaturii în strat poate fi realizată și prin mărirea excesului de aer în procesul de ardere, însă această soluție are două inconveniente mari : în primul rînd se coboară substanțial randamentul cazanului și în al doilea rînd, datorită neuniformității repartiției aerului în strat, pot să apară frecvente zone în care nu este aer în exces și deci temperatura în strat să atingă totuși temperatura de zgurificare. Aceste elemente au fost clar evidențiate în probele cazanului „Metalica" cu lignit, unde, la excese de aer de ordinul 2,5 —4,5, s-au obținut zgurificări de strat, iar randamentele au fost de 41 —56 %.

Coborîrea temperaturii în strat prin recirculare de gaze de ardere coboară însăși temperatura teoretică de ardere a cărbunelui și, în consecință, nu se poate produce fizic o temperatură mai ridicată decît cea rezultată din arderea teoretică cu amestec de aer și gaze recirculate. Acest lucru rezolvă complet problema reglajului temperaturii în strat și în același timp nu duce la modificarea randamentului cazanului față de situația fără recirculare.

Gazele de ardere recirculate provin de la nivelul de temperatură t_r, care poate fi de la sfîrșitul cazanului sau dintr-o porțiune intermediară a zonei convective. Realizarea amestecului dintre aerul de ardere și gazele recirculate se face înainte de intrare în stratul de combustibil, de preferat în aspirația ventilatorului de insuflare sub grătar. În aceste condiții, arderea se produce cu aerul necesar în prezența unei proporții oarecare de gaze recirculate, cu efectele respective asupra regimului de temperaturi.

Temperatura teoretică de ardere a lignitului în condițiile unui exces de aer α, fără recirculare de gaze de ardere, va fi :

$$t_t = \frac{\eta_a \cdot H_i + \alpha V_0 c_{pa} \cdot t_a}{V_g \cdot c_{pg}}, \qquad (7)$$

unde η_a este randamentul de ardere, V_0 — volumul stoechiometric de aer necesar arderii și V_g — volumul real de gaze de ardere.

În condițiile unei recirculații de gaze de ardere, volumul de gaze de ardere se va mări la $V_g + V_r$ și aportul de căldură al gazelor recirculate va fi $V_r c_{pg} t_r$. Rezultă o temperatură teoretică de ardere în condițiile aceluiași exces de aer și cu aceeași temperatură a aerului, dar în prezența gazelor recirculate :

$$t_{tr} = \frac{\eta_a \cdot H_i + \alpha V_0 c_{pa} t_a + V_r c_{pg} t_r}{(V_g + V_r) c_{pg}} \qquad (8)$$

Se notează cu ε_t coeficientul necesar de reducere a temperaturii teoretice de ardere a lignitului, astfel ca zgurificarea să nu se producă, definit prin relația :

$$\varepsilon_t = \frac{t_{tr}}{t_t} \qquad (9)$$

Condiția obținerii unei anumite temperaturi teoretice de ardere cu recirculație duce la determinarea relației :

$$\frac{\eta_a H_i + \alpha V_0 c_{pa} t_a + V_r c_{pg} t_r}{(V_g + V_r) c_{pg}} = \varepsilon_t \frac{\eta_a H_i + \alpha V_0 c_{pa} t_a}{V_g \cdot c_{pg}} \qquad (10)$$

Separînd ca necunoscută volumul unitar al gazelor recirculate, se obține :

$$V_r = \frac{V_g(\eta_a H_i + \alpha V_0 c_{pa} t_a - \varepsilon_t \eta_a H_i - \varepsilon_t \alpha V_0 c_{pa} \cdot t_a)}{\varepsilon_t \cdot \eta_a H_i + \varepsilon_t \alpha V_0 c_{pa} t_a - V_g c_{pg} \cdot t_r} \qquad (11)$$

Notînd entalpia teoretică de ardere la arderea normală I_t și cea a gazelor recirculate I_r, volumul recirculat rezultă :

$$V_r = \frac{(1 - \varepsilon_t) I_t}{\varepsilon_t I_t - I_r} \qquad (12)$$

Fără a face erori prea mari, se poate considera căldura specifică a gazelor de ardere constantă în intervalul de temperaturi t_t și t_r și, deoarece entalpiile din relația (12) se referă la același volum de gaze V_g, rezultă :

$$V_r = V_g(1 - \varepsilon_t) \frac{t_t}{\varepsilon_t t_t - t_r} \quad \text{sau} \quad V_r = V_g \frac{(1 - \varepsilon_t) t_t}{t_{tr} - t_r} \qquad (13)$$

Dacă se notează proporția de gaze recirculate, $\varepsilon_r = \frac{V_r}{V_g}$, relația (13) devine :

$$\varepsilon_r = \frac{V_r}{V_g} = \frac{t_t - t_{tr}}{t_{tr} - t_r} \qquad (14)$$

Această relație finală arată care este proporția de gaze recirculate necesară pentru a aduce temperatura teoretică de ardere de la valoarea inițială, t_t, la o valoare mai coborîtă, t_{tr} ; de asemenea, punînd condițiile de valori extreme, se observă că prin recirculare de gaze se pot realiza orice temperaturi teoretice de ardere cuprinse între :

$$\varepsilon_r = 0 \rightarrow t_{tr} = t_t \; ; \; \varepsilon_r = 1 \rightarrow t_{tr} = \frac{t_t + t_r}{2} \; ;$$

$$\varepsilon_r = \infty \rightarrow t_{tr} = t_r$$

Verificarea experimentală a tehnicii de ardere cu gaze recirculate a fost făcută pe un cazan experimental prevăzut cu un grătar plan, cazan ce urmează să fie destinat instalaţiilor de încălzire. S-a pus în evidenţă sensibilitatea foarte mare a procesului de ardere în raport cu proporţia de gaze recirculate, temperaturile foarte înalte din strat caracteristice arderii cu insuflare de aer fiind imediat reduse după ce se începe recircularea de gaze de ardere; astfel, temperatura poate fi coborîtă fără a înrăutăţi stabilitatea arderii pînă la valori de 700 —800°C în strat. Se constată de asemenea o ardere mult mai uniformă pe toată suprafaţa grătarului, ca urmare a debitelor mai mari de gaze ce străbat stratul. În ceea ce priveşte zgurificarea, ea poate fi complet evitată de la un anumit grad de recirculare căruia îi corespunde o anumită temperatură teoretică de ardere.

Concluzii

Revăzînd efectele obţinute prin recircularea gazelor de ardere în procesul de combustie a ligniţilor în strat la cazane mici, se pot face următoarele aprecieri:

— temperatura teoretică de ardere poate fi reglată într-un interval foarte larg, astfel că se poate evita zgurificarea patului pe grătar;

— chiar şi în condiţiile utilizării unui aer preîncălzit în procesul de ardere, prin mărirea gradului de recirculare se poate reduce corespunzător temperatura teoretică de ardere, astfel ca să nu apară zgurificarea;

— procesul de uscare a lignitului pe grătar va fi mult intensificat, datorită temperaturi mai înalte a gazelor de uscare şi debitului ma mare ce scaldă stratul;

— temperatura în focar va scădea şi în con secinţă se va reduce schimbul de căldură pri radiaţie, ceea ce este un dezavantaj, dar, ţi nînd seama că este vorba de cazane mici, mă rirea suprafeţei de radiaţie nu constituie scumpire importantă a costului cazanului;

— schimbul de căldură în zona convectiv a cazanului se va intensifica în urma măriri debitului de gaze de ardere care circulă;

— constructiv, cazanul nu se complică, deoa rece recircularea gazelor de ardere se face î conducta de aspiraţie a ventilatorului de ae insuflat sub grătar, iar amestecul dintre ae şi gazele recirculate nu are o temperatură car să necesite modificarea constructivă a ventila torului;

— sistemul de ardere cu recirculaţie se poat introduce şi la instalaţii existente unde apar zgurificare în procesul de ardere, dar se v ţine seama de modificarea parametrilor caza nului.

Bibliografie

[1] Popescu, M., Matei, V. *Tehnica derivatograf în analiza combustibililor*. Lucrare internă I.C.B., 198

[2] Antonescu, N., Popescu, M. *Premise tehn pentru realizarea unui cazan de apă caldă funcţionînd ardere în strat a lignitului inferior*. Conferinţa de instalaţ Sinaia, 1981.

[3] Pănoiu, N. ş.a. *Valorificarea prin ardere a combustii lilor inferiori*. Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

Efectele distanței de transport asupra regimului de alimentare cu căldură a consumatorilor de apă fierbinte*)

Prof. dr. ing. **I. Gh. Carabogdan**
Șef lucr. dr. ing. **Victor Athanasovici**
Șef lucr. dr. ing. **Adrian Badea**
Șef lucr. ing. **Ilie Prisecaru**
Ing. **Mihai Voronca**
— Institutul politehnic București —

Lucrarea prezintă modelul matematic pe baza căruia se analizează efectul distanțelor de transport al căldurii, sub formă de apă fierbinte, asupra modului în care trebuie efectuat reglajul cantității de căldură livrată de sursă.

1. Ipotezele avute în vedere

a) Consumatorii de căldură utilizează ca agent termic de transport apa fierbinte, cu temperatura cuprinsă între 30 și 150°C, pentru încălzire și prepararea apei calde. Fiecare dintre cești consumatori necesită, la un moment dat, regimuri termice diferite. În timp, regimul termic al apei în rețea se modifică conform graficelor de reglaj aferente fiecărui punct termic.

b) Consumatorii de căldură sînt amplasați, față de sursă, la distanțe diferite, formînd zone de consum echidistante. Efectul distanței de transport s-a analizat pentru lungimea magistralei cuprinsă între sursă și intrarea în zona de consum.

c) S-a considerat sistemul de transport bitubular închis, cu diametrele egale pe tur-retur, vînd valorile utilizate în practica de proiectare.

d) Grosimea izolației termice a conductelor -a considerat, conform normativului, identică e tur-retur și în funcție de poziționarea lor n teren.

e) Din punctul de vedere al efectului distanței e transport, sursa de căldură poate fi o CTE au o CET. În ceea ce privește comportarea ursei în regimurile variabile de alimentare u căldură, în funcție de reglajul adoptat, ceasta diferă între CTE și CET, ceea ce însă u face obiectul lucrării de față.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeicienilor din România. Brașov, 3—5 decembrie 1981.

2. Problematica tratată

Problemele pe care le ridică transportul la distanță al căldurii se pot împărți în : probleme de natură termică — regimurile termice — și de natură hidraulică — regimurile hidraulice. În lucrare se analizează numai aspectele de natură termică, adică variația regimului termic în lungul conductei, de la sursă la consumator.

Din acest punct de vedere, lungimea magistralei de transport ridică următoarele probleme :

a) mărimea duratei de răspuns a sistemului de termoficare la modificarea cerințelor consumatorului, care s-a numit „efectul de distanță" ;

b) efectul acumulării căldurii în elementele sistemului de transport asupra regimului termic al consumatorului, respectiv al sursei ;

c) efectul distanțelor diferite de transport de la diverșii consumatori la sursă, asupra temperaturii returului apei la sursă, „efectul de retur".

3. Principiul modelului matematic

Modelul matematic are la bază ecuațiile reglajului termic — în regim staționar — pentru ansamblul sistemului de termoficare, prezentate în [1] și [2].

3.1. *Studiul „efectului de distanță"* înseamnă, de fapt, stabilirea întîrzierii cu care unda de temperatură din conducta de ducere ajunge la diverșii consumatori situați la distanțe diferite de sursă. Modelarea matematică se bazează pe asimilarea rețelei arborescente cu grupe de cîte doi consumatori ale căror rețele de racord se întîlnesc într-un punct. Acest punct, împreună cu următorul consumator de pe aceeași ramură (pornind de la capătul ramurii spre sursă), formează o nouă grupă de doi consumatori etc. În acest fel se ajunge la ultimul nod, care, față de sursă, poate fi considerat un singur consumator.

Modelul matematic s-a realizat, într-o primă etapă, considerînd că toți consumatorii sînt numai de încălzire. Variația în timp a cantităților de căldură aferente acestora s-a considerat sinusoidală [1], de forma generală :

$$\bar{q}_i = D - E \cdot \sin \omega(\tau + \varphi), \qquad (1)$$

unde

$\bar{q}_i$ este valoarea relativă a consumului de căldură pentru încălzire, considerată ca raportul dintre valoarea sa momentană q_i și valoarea de calcul q_{ic} ;

D și E — constante ce depind de caracteristicile termofizice ale incintelor încălzite și de temperaturile interioară t_{ic} și exterioară t_{ec} de calcul;

ω — pulsația, în rad/h, pentru perioada $T = 24$ ore;

τ — timpul, în ore;

φ — defazajul în timp față de originea considerată pentru aceasta, în ore.

temperaturii pe ducere, avîndu-se în vedere efectul de distanță, în următoarele condiții

$q_{1c} = 6$ Gcal/h; $q_{2c} = 2$ Gcal/h; $l_1 = 4$ km

$l_2 = 1$ km; $t_{1c} = 150°C$; $t_{ic} = 18°C$; $t_{ec} =$

$= -15°C$, $D_{n1} = 150$ mm și $w_1 = 1{,}35$ m/s

respectiv $D_2 = 80$ mm și $w_2 = 1{,}85$ m/s.

Referitor la efectul de distanță pe conducta de ducere, se pot trage următoarele concluzii

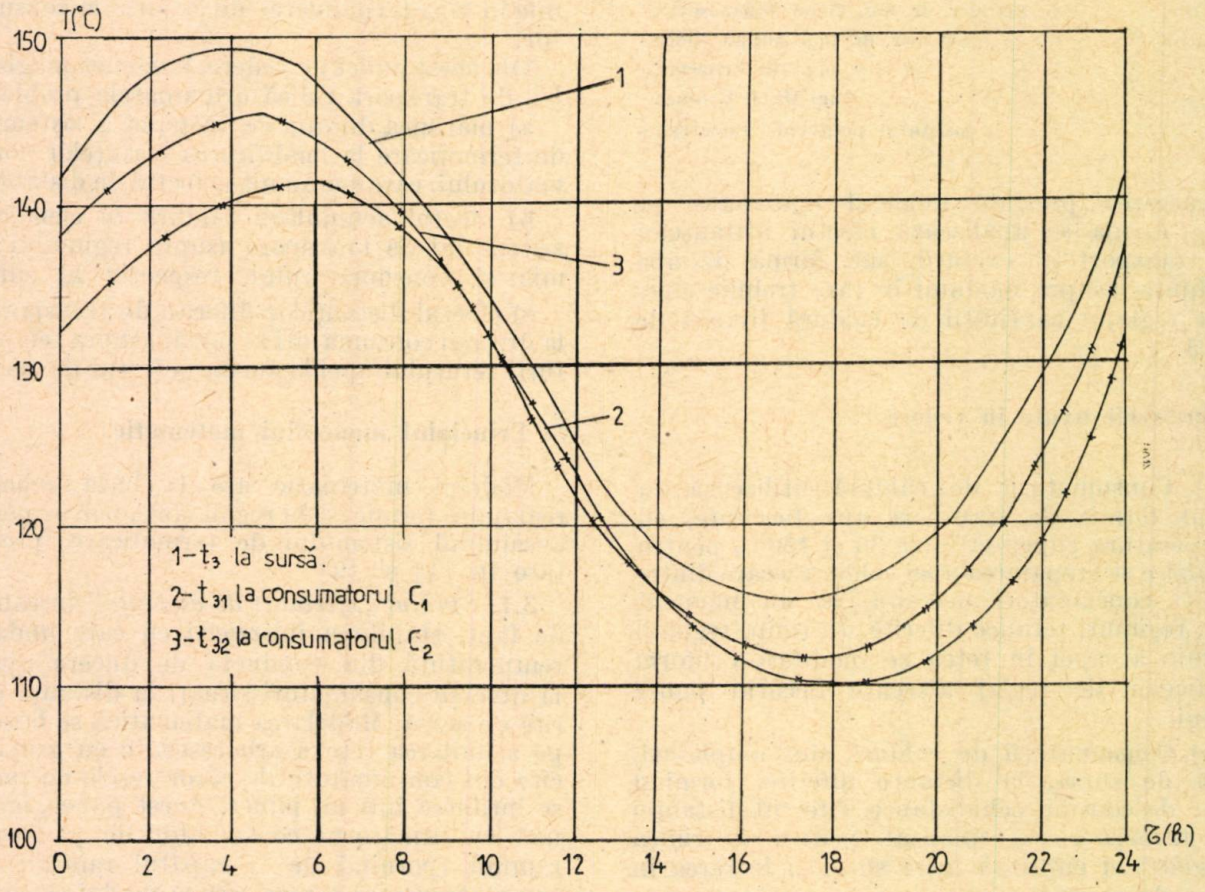


Fig. 1. Variația diurnă a temperaturii pe ducere ținînd seamă de efectul de distanță.

Pentru un nod a, expresia cantității de căldură ce iese din el este:

$$\bar{q}_a = D - E \cdot \sin \omega(\tau + \varphi), \qquad (2)$$

iar expresiile lui q_i la cei doi consumatori vor fi:

$$\bar{q}_1 = D - E \cdot \sin \omega(\tau + \varphi - \varepsilon_1) \qquad (3)$$

$$\bar{q}_2 = D - E \cdot \sin \omega(\tau + \varphi - \varepsilon_2), \qquad (4)$$

unde ε_1 și ε_2 sînt defazajele în timp ale curbelor de variație pentru $\bar{q}_1$ și $\bar{q}_2$ față de $\bar{q}_a$, datorită distanțelor de transport l_1, respectiv l_2.

Ținînd seama de pierderile de căldură prin transport de la nodul a la cei doi consumatori, în figura 1 este prezentată variația diurnă a

1) Metodologia prezentată este aplicabi oricărui sistem, pentru care se cunosc consum rile de căldură ale consumatorilor și datele co structive privind rețeaua și izolația sa termic

2) Metoda permite aplicarea oricărei forn de variație zilnică a sarcinii termice livrate sursă, în funcție de metoda de reglaj adoptat prin considerarea unei anumite funcții $q_i($ în 24 de ore. De asemenea, nu depinde de meto de reglaj centralizat adoptată, deoarece aces constituie datele de intrare prin ecuațiile descriu regimul termic.

3) În condițiile transportului căldurii la ma distanțe, pentru consumatorii aflați curent distanțe mult diferite față de sursă, apar def zaje mari de timp între momentul cere maxime de căldură și momentul în care p

mesc în realitate de la sursă valoarea maximă a căldurii.

Ca urmare, la sursă este necesară stabilirea unui defazaj de calcul ε_c în funcţie de care să se livreze căldura, astfel încît, ţinînd seama de defazajele reale pentru diverşii consumatori, aceştia să primească căldura la momente cît mai apropiate de cele necesare. Acest defazaj de calcul, ε_c, ar urma să se stabilească pe baza unui criteriu de optimizare care ar trebui să fie următorul: suma algebrică a supraconsumurilor şi subconsumurilor de căldură ce apar la diverşii consumatori în 24 de ore, datorită defazajelor diferite faţă de sursă, să fie minimă pe ansamblul sistemului de alimentare cu căldură. Metoda este prezentată în detaliu în [1] şi [3].

Pe baza acestui defazaj optim urmează a se stabili momentele intervenţiei în regimul termic al apei pe ducere de la sursă şi care este gradientul de variaţie al temperaturii în unitatea de timp (viteza de variaţie) la momentul respectiv.

Toate acestea influenţează regimul termic al CAF şi presiunile prizelor reglabile ale turbinelor de termoficare, cu toate efectele de natură energetică şi de exploatare care rezultă de aici.

3.2. *Studiul efectului acumulării căldurii în reţeaua de transport* urmăreşte punerea în evidenţă a efectului de „volant termic" pe conducta de ducere, simultan cu „efectul de distanţă", prezentat mai înainte.

Fenomenul analizat fiind dependent de timp, deci în regim tranzitoriu al reţelei de transport, modelul său matematic s-a rezolvat pe baza metodei probabilistice. Ea se bazează pe trecerea de la studiul ecuaţiilor matematice în regim continuu, la regimurile discrete, adică la parametrii discretizaţi.

2) conductivitatea termică longitudinală pentru agentul termic, peretele conductei şi izolaţia termică a acesteia se consideră neglijabilă.

Considerînd modelul fizic al conductei cu parametri discretizaţi, ca cel din figura 2, modelul matematic prezintă următoarele particularităţi:

a) pentru fiecare tronson elementar în care s-a împărţit conducta, se ia în consideraţie temperatura medie a conductei şi a agentului termic;

b) temperatura agentului termic în secţiunea transversală a conductei se consideră constantă;

c) proprietăţile termodinamice şi de transport ale agentului termic se consideră constante în lungul unui tronson elementar. În calcule ele se iau în consideraţie sub forma valorilor medii aritmetice ale temperaturilor la intrarea şi ieşirea agentului termic din tronson;

d) traseul conductei luat în consideraţie este divizat în N tronsoane de lungime egală; fiecare tronson j este caracterizat prin temperatura medie a metalului şi aceea de ieşire a agentului.

La stabilirea modelului matematic s-a considerat că elementul de conductă este un „sistem adiabat" faţă de mediul ambiant, neglijîndu-se pierderile de căldură aferente. Aceasta s-a bazat pe o analiză făcută pentru diverse diametre de conducte cu diverse cantităţi de căldură transportate, în urma căreia s-a constatat că ponderea pierderilor de căldură, la apă fierbinte, reprezintă o pondere foarte mică din căldura transportată. Astfel, pentru aceeaşi viteză de transport ($w = 1{,}5$ m/s) pierderile de căldură reprezintă o pondere sub 1% pentru diametre peste 200 mm şi lungimi de conductă pînă la 1 km. Pentru magistralele de transport la distanţă cu diametre în general peste 400 mm, pierderile de căldură nu depăşesc 5%, pentru distanţe de transport de 20 km; în cazul unor diametre de 800—1000 mm, chiar pentru aceste distanţe de transport, pierderile de căldură nu depăşesc 2,5%.

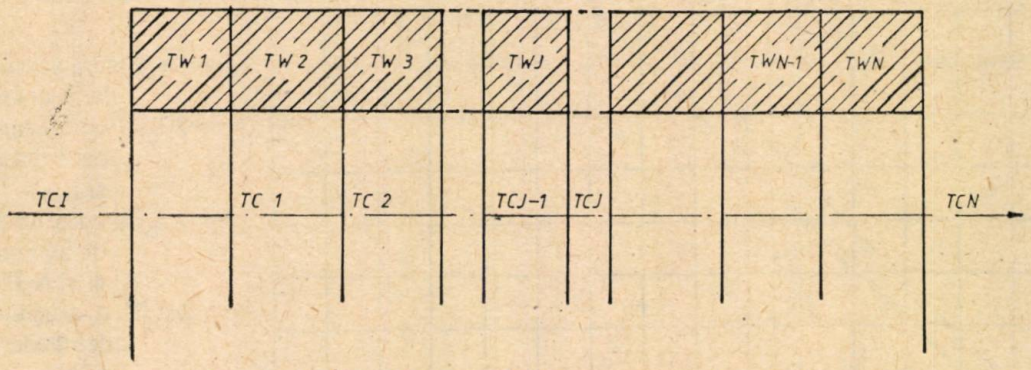


Fig. 2. Modelul fizic al conductei cu parametri discretizaţi.

Modelul matematic aplicat, transpus ulterior pe calculator, are la bază următoarele ipoteze:

1) variaţia mărimilor fizice are loc numai în direcţia longitudinală a conductei. Ea se justifică prin variaţiile foarte mici pe direcţie transversală ale diverselor mărimi fizice. Ca urmare, distribuţia bidimensională se transformă într-una unidimensională, în lungul conductei;

Această ipoteză simplificatoare este acceptabilă din punctul de vedere al cantităților de căldură. Dar pentru determinarea valorii reale a temperaturii agentului termic la consumator (pe conducta de ducere), respectiv la sursă (pe conducta de întoarcere), este necesar să se țină seama de pierderile de căldură, întocmai ca în cazul „efectului de distanță". Ca urmare, rezultatele obținute în baza sistemului adiabat se vor corecta cu valoarea pierderilor de căldură, aplicată în final numai consumatorilor de capăt ai conductei, unde interesează reducerea temperaturii agentului termic primit de acesta.

Ecuațiile matematice care descriu fenomenul de volant termic rezultă din legea conservării energiei, scrisă în forma generală, atît pentru agentul termic din tronsonul considerat, cît și pentru peretele conductei (în accepțiunea dată mai sus):

$$\frac{\partial Q}{\partial \tau} = \Delta Q_{tr} - \Delta Q_{conv}, \qquad (5)$$

unde

$\partial Q/\partial \tau$ este căldura înmagazinată (acumulată) de agentul termic, sau cum i se mai spune „gradientul de căldură" (viteza de variație a căldurii);

ΔQ_{tr} — cantitatea de căldură conținută de agentul termic;

ΔQ_{conv} — cantitatea de căldură transmisă prin convecție de la fluid la peretele conductei.

Exemplificarea efectului de volant termic al conductei, calculată cu ajutorul calculatorului electronic, este prezentată în figura 3. Ea ilustrează comparativ efectul acumulării față d situația neluării în considerație a acestui efect În plus, se compară efectul în condițiile a divers viteze de variație a temperaturii apei la intrare în tronsonul considerat, pentru lungimi al acestuia cuprinse între 50 și 2000 m.

De asemenea, s-au considerat două valor ale lui N (numărul de tronsoane elementar considerate), $N = 5$ și $N = 10$.

Din analiza figurii 3 rezultă:

a) creșterea lui N de la 5 la 10, pentru conductă de 2000 m (curbele *3* și *4*) și o viteză de creștere a agentului termic de 5 grade/h nu conduce la diferențe sensibile între curbel ce descriu fenomenul de volant termic plu întîrzierea; regimul termic al apei la consumator se stabilizează practic la $\tau = 2{,}7866$ h pentru $N = 10$, și la $\tau = 2{,}6370$ h, pentru $N = 5$. Diferența dintre cei doi timpi de stabilizare a temperaturii este de circa 9 min. Diferenț este și mai mică pentru conductele mai scurte la $L = 50$ m, $\Delta\tau = 2{,}43$ min.

b) O comparație între $L = 500$ și 2000 m pentru același $N = 10$ și aceeași viteză de variație a temperaturii agentului termic la intrarea în conductă (5 grade/h) — curbele *2* și *3* arată că, practic, în cazul conductei scurte, l această viteză de variație a temperaturii ape efectul acumulării nici nu mai apare, curbel *1* și *2* fiind identice. Spre deosebire de aceast pentru $L = 2000$ m (curba *3*) temperatura l ieșire se stabilizează după un timp $\tau = 2{,}7866$ h Deci pentru viteze mici de variație a tempera

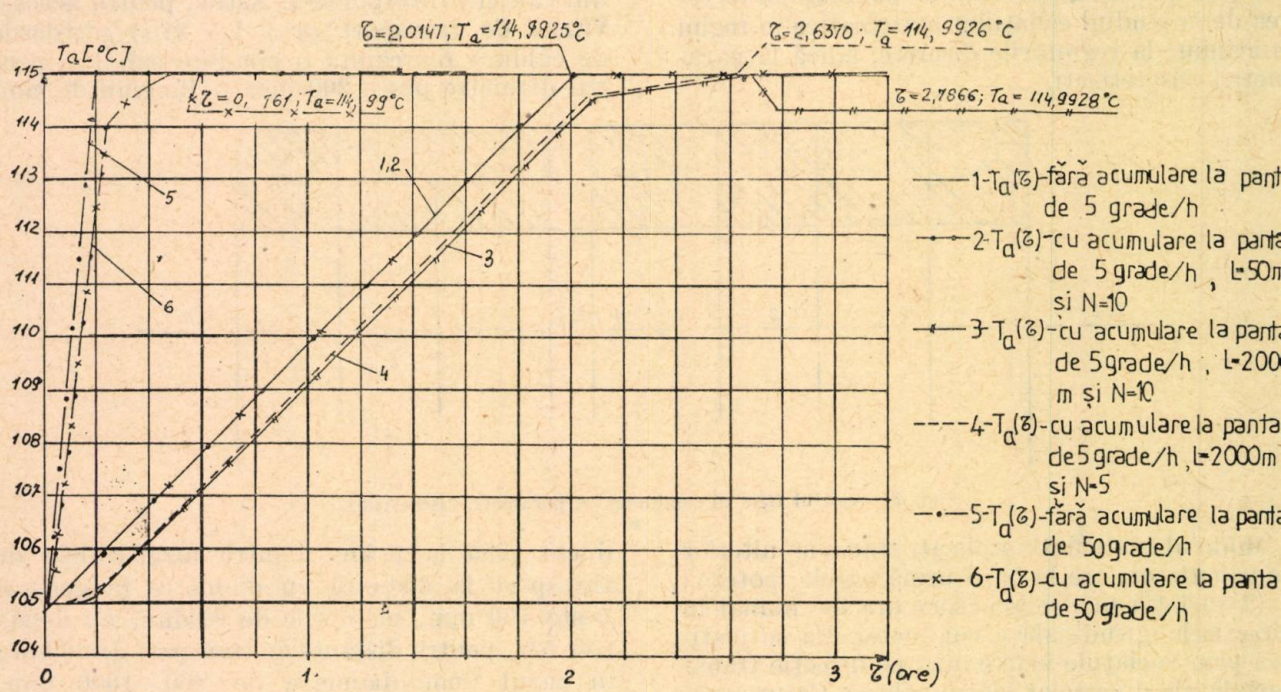


Fig. 3. Efectul comparativ al acumulării căldurii în conductele de transport al apei fierbinți, pentru diferite condiții: — număr N diferit de tronsoane elementare considerate; — lungimi L diferite ale conductelor; — viteze $\Delta T_a/\Delta\tau$ diferite de variație a temperaturii apei la intrarea în conductă.

turii agentului termic, la conductele scurte, efectul de volant termic practic dispare.

c) Pentru aceeași conductă $L = 50$ m și același $N = 10$, o comparație între mărimea efectelor acumulării în condițiile unor viteze de variație a temperaturii fluidului diferite — curbele *1* și *2*, față de *5* și *6* — rezultă : în cazul creșterii vitezei de variație de 10 ori (de la 5 la 50 grade/h), chiar și la conductele scurte, efectul acumulării este remarcabil, timpul la care temperatura fluidului se stabilizează la consumator fiind de circa 34,6 min (curbele *5* și *6*).

Deci, odată cu creșterea vitezei de variație a temperaturii apei la intrarea în conductă, efectul de volant termic al conductei se amplifică simțitor. Amplificarea este cu atît mai mare cu cît crește lungimea conductei.

Suprapunînd „efectul de distanță" cu cel de „volant termic", se constată că, pentru conductele scurte sau lungi, cu pante mari de variație a agentului termic la intrare, se impune studierea lor simultană. Aceasta este cu atît mai necesară cu cît crește lungimea conductelor de transport și cu creșterea vitezei de variație a temperaturii apei la intrarea în conductă.

d) Algoritmul matematic prezentat este valabil pentru orice sistem de alimentare cu căldură.

e) Din punct de vedere tehnic (fizic), efectul acumulării căldurii în rețeaua de transport la distanță conduce la întîrzieri ale variației regimului termic la consumator, față de sursă. De aceasta trebuie ținut seama la stabilirea metodei și modului de efectuare în timp a reglajului căldurii la sursă.

3.3. *Studiul efectului temperaturii de retur la sursă.* Din punctul de vedere al efectului de distanță și al acumulării căldurii în conducta de transport, rețeaua de retur este similară celei de ducere. Ecuațiile ce modelează cele două efecte, pentru conducta de retur, sînt, ca urmare, aceleași.

În cazul conductelor de retur apare în plus „efectul de mixaj" în fiecare nod, pornind de la consumatori spre sursă. Astfel, urmărind circulația agentului termic pe conductele de

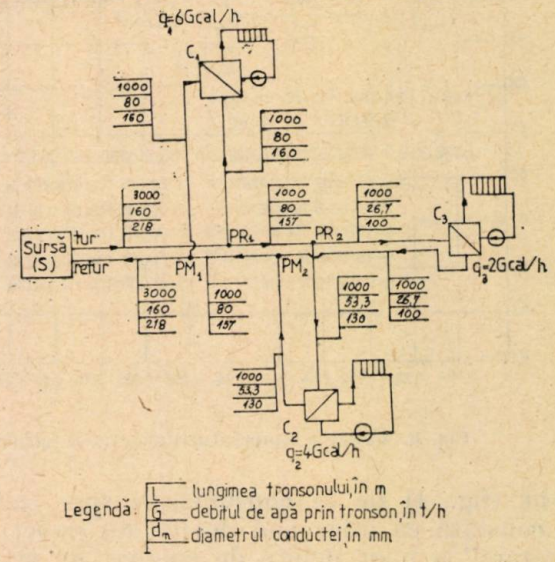


Fig. 4. Schema de principiu a sistemului de alimentare cu căldură, pentru exemplul de calcul.

C_1, C_2, C_3 — consumatori de căldură pentru încălzire;
PR_1, PR_2 — puncte de distribuție (ramificație) pe ducere;
PM_1, PM_2 — puncte de mixaj pe întoarcere.

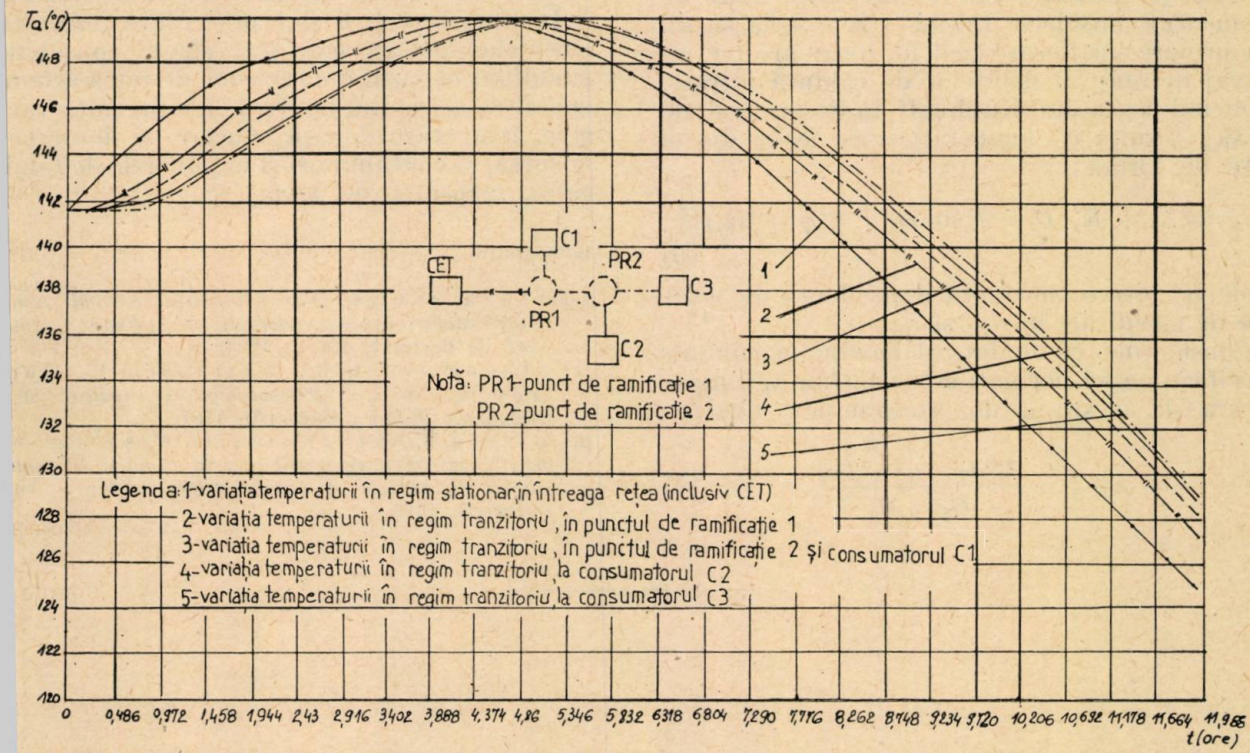


Fig. 5. Variația temperaturii agentului termic pe ducere, pentru sistemul de termoficare considerat.

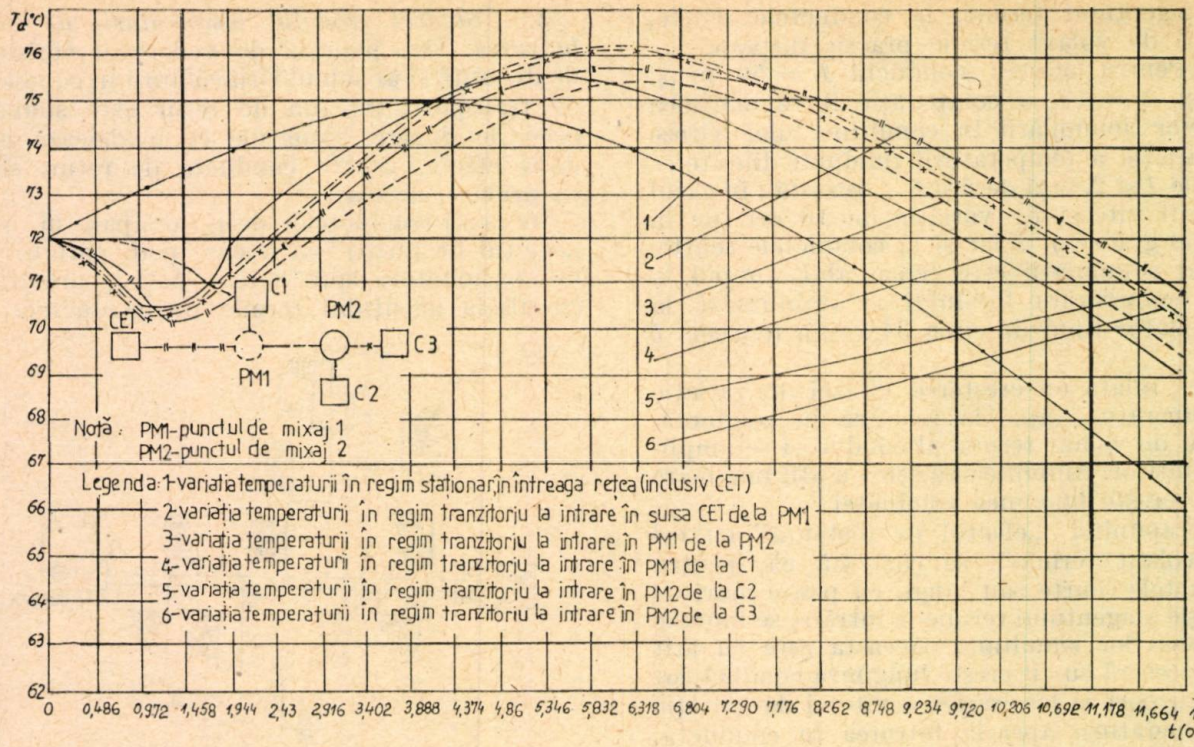


Fig. 6. Variația temperaturii agentului termic pe întoarcere, pentru sistemul de termoficare considerat.

retur (fig. 4) de la consumatori spre sursă, se constată că orice nod devine un punct de „intrare" a unor debite de căldură de la cel puțin doi consumatori.

În timp, debitele de căldură venite de la fiecare consumator au regimuri termice diferite valoric și defazate diferit în timp, față de momentul considerat inițial — zero — la sursă. Ca urmare, în fiecare nod de retur are loc un mixaj în timp al debitelor de căldură intrate. Aplicînd legea lui Kirchhoff în fiecare nod de mixaj, rezultă că temperatura de ieșire din el este de forma:

$$t_{4,j} = t_{ic} + K'_j[D - E\sin\omega(\tau + \varphi - 2\varepsilon_j)], \quad (6)$$

unde K'_j este o constantă dependentă de valorile de calcul ale lui $t_{4,j}$ și t_{ic}.

Considerînd că în lungul conductei căldura specifică a apei fierbinți este constantă, temperatura de mixaj a doi consumatori este:

$$t_{4(1,2)} = \frac{G_1 \cdot t_{4\cdot1} + G_2 \cdot t_{4\cdot2}}{G_1 + G_2} \quad (7)$$

Înlocuind în (7) relația (6), rezultă forn finală de modelare a efectului de mixaj conducta de retur. Ea se aplică etapizat, pe tru fiecare nod de mixaj, pornind de la consun torii de capăt spre sursă. În acest fel se p determina valorile în timp ale temperatu reale de retur la sursă.

În figurile 5 și 6 sînt prezentate rezultat calculelor pentru cele trei efecte considera simultan, în cazul unei scheme de rețea arbor centă, ca aceea din figura 4. Ele prezintă var țiile temperaturilor pe ducere și întoarce la sursă, la consumatori și în punctele de ram cație, respectiv de mixaj.

Bibliografie

[1] Athanasovici, V. *Contribuții privind regl livrării căldurii la consumatorii cu inerție termică norm* Teză de doctorat, I.P.B., 1974.

[2] Athanasovici, V., Mușatescu, V., Du trescu, S. I. *Termoenergetică industrială termoficare*. E.D.P., București, 1981.

[3] Moțoiu, C., Athanasovici, V. ș.a. *Posibil de economisire a combustibililor și căldurii în cent termice industriale și termoelectrice*. Editura tehr București, 1976.

Posibilităţi de funcţionare în regim de termoficare a turbinei de condensaţie de 200 MW—LMZ. Soluţii şi performanţe*)

Ing. Dan Neştianu Ing. Şerban Boboc
Ing. Mihai Popovici —ICSITEEMR—
—ICEMENERG—

În cadrul general al acţiunilor de economisire a combustibililor se înscrie şi măsura de extindere a termoficării. Existenţa sau apariţia unor consumatori de căldură în zona centralelor termoelectrice, corelată cu posibilităţile de transport al căldurii la mare distanţă, face oportună analiza soluţiilor de trecere a grupurilor de condensaţie la funcţionarea în regim de termoficare. Adoptarea unei astfel de soluţii are ca efect şi investiţii mai reduse în raport cu cele pentru construcţia unei noi CT sau CET.

Posibilităţi de prelevare de căldură din turbina K-200-130

Turbina K-200-130 este de tipul cu acţiune cu trei corpuri: *CIP*, *CMP* şi *CJP*. Parametrii actuali de funcţionare sînt $p = 130$ ata $t = 545/545$°C.

Schema termică de principiu este prezentată în figura 1.

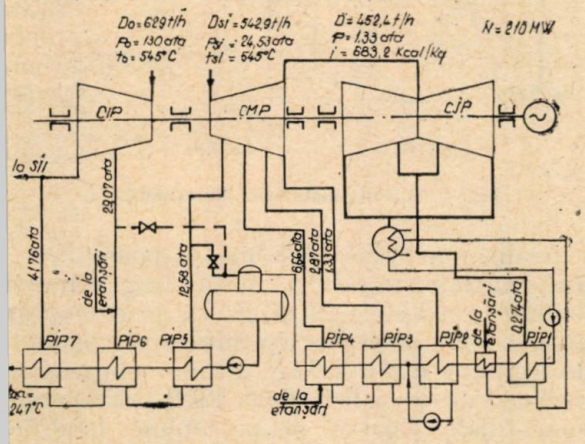


Fig. 1. Schema termică de principiu.

Trecerea grupului la funcţionarea în regim de termoficare presupune realizarea unor extracţii suplimentare de abur fie din prizele fixe aferente circuitului de preîncălzire regenerativă, fie dintre corpurile de medie şi joasă presiune.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, Braşov, 3—5 decembrie 1981.

Prelevarea aburului din prizele fixe sau dintre *CMP* şi *CJP* este limitată de:

— solicitările suplimentare produse de forţa aburului asupra paletelor de la treptele din amonte de locul prelevării;

— modificarea eforturilor axiale;

— viteza aburului în ştuţurile de priză din carcasă;

— asigurarea debitului minim de abur necesar pentru răcirea *CJP*.

Trecerea la funcţionarea în termoficare se poate face cu sau fără modificări la turbină (înlocuiri de profile ale paletelor, de diafragme şi portdiafragme, de carcase etc.).

Deoarece modificările la turbină sînt costisitoare, impun imobilizarea grupului pe durate lungi şi sînt de regulă de competenţa fabricantului, s-a urmărit ca trecerea grupului la funcţionarea în termoficare să se facă practic fără modificări la turbină.

Prelevarea de abur din prizele fixe

Pentru trecerea la funcţionarea în termoficare, este necesar să se preleveze suplimentar abur din acele prize fixe care permit realizarea nivelului termic impus apei din reţeaua de termoficare (70—150°C). În aceste condiţii, cele mai indicate pentru extracţie de abur sînt prizele fixe *2*, *3* şi *4*.

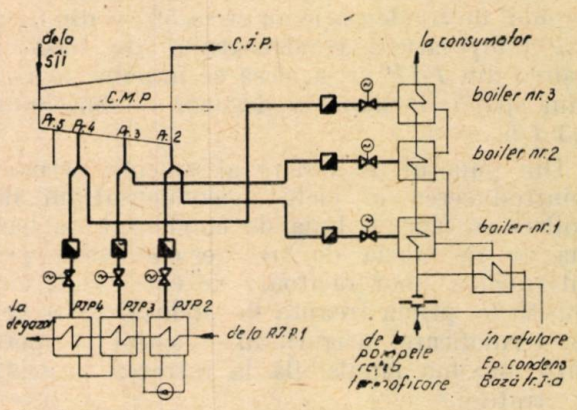


Fig. 2. Schema de racordare a boilerelor de termoficare.

În figura 2 se prezintă modul de încadrare a boilerelor de termoficare în schema termică a blocului K-200-130.

Deoarece nu s-a dispus de toate elementele care au stat la baza proiectării turbinei, pe baza metodelor din literatura de specialitate [1], [2] şi a datelor prezentate de furnizor [3], s-a recalculat procesul termic treaptă cu treaptă în turbină, atît în regim nominal cît şi în regimul cu temperatură redusă a aburului (545/545°C). Verificînd astfel corectitudinea metodologiei de calcul, a fost posibilă recalcularea procesului termic în turbină la funcţionarea în regim de termoficare.

Din calculele efectuate a rezultat că elementul restrictiv în ceea ce priveşte valoarea debitu-

lui de abur prelevat îl constituie viteza aburului în ștuțul de priză din carcasa turbinei. Limitînd viteza aburului la 90 m/s, sarcina termică care se poate asigura la regim nominal este de 47,8 Gcal/h. În diagrama din figura 3 se prezintă debitele de abur care pot fi extrase suplimentar din prizele fixe *2*, *3* și *4* funcție de debitul de abur introdus în turbină.

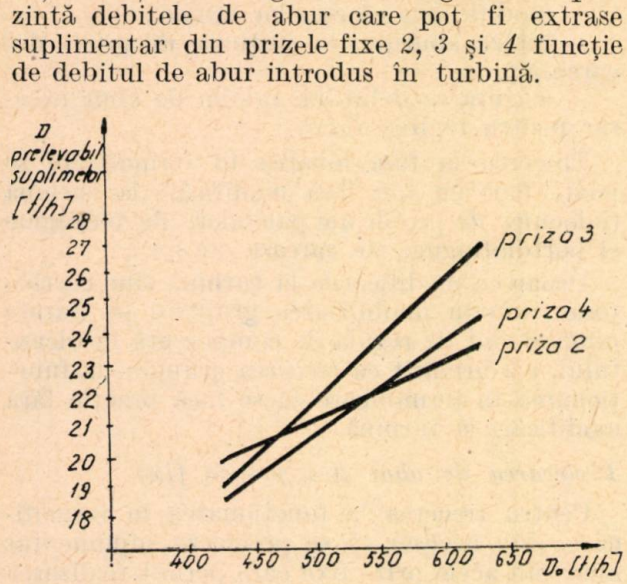


Fig. 3

Efectul prelevării suplimentare de abur îl constituie reducerea puterii electrice față de regimul de condensație cu circa 5% și diminuarea temperaturii condensatului de bază la ieșirea din *PJP* nr. 4, ceea ce impune un consum sporit de abur la degazor de maximum 5,3 t/h.

Din punctul de vedere al schemei termice, reintroducerea în ciclu a condensatului din boilere se face în linia de condensat de bază înainte de stația de tratare condensat prin intermediul unor răcitoare de condensat, care constituie prima treaptă de preîncălzire a apei de termoficare, asigurîndu-se astfel temperatura maximă admisibilă la intrarea în stația de tratare.

În scopul limitării efectelor vitezei crescute a aburului în conductele de priză s-a propus ca acestea să fie înlocuite cu conducte de diametru corespunzător, îmbinarea cu carcasa realizîndu-se printr-o piesă de reducție. Aceste conducte se ramifică apoi spre *PJP* și boilere. Pentru protejarea turbinei pe conductele de abur, la boilere se prevăd clapete de reținere incluse în schema de protecție a turbinei, funcționînd în paralel cu clapetele de reținere existente pe prize pentru *PJP*. De asemenea, este necesar ca debitul de abur prelevat suplimentar să fie controlat pentru a nu se depăși limitele maxime stabilite în diagrama din figura 3.

Funcționarea în regim cu prelevare suplimentară a fost experimentată la *TA6* din CTE Iernut printr-un montaj care a permi eșaparea în mod controlat a unor debite d abur din prizele *2*, *3* și *4*.

Grupurile de 200 MW din CTE Iernut funcți nează în acest regim din iarna 1980/198 Aceeași schemă de funcționare a fost proiectat de ISPE și pentru grupurile din CTE Minti

Prin funcționarea în regim de termoficare unui grup de 200 MW se realizează o econom anuală de circa 7500 t c.c./an.

Prelevarea de abur în regim de priză reglabil

Soluția cu prelevare de abur din prize fixe, deși permite realizarea încălzirii apei d termoficare integral cu abur extras din turbin prezintă ca dezavantaj faptul că realizează sarcină termică relativ redusă (47,8 Gcal/h în strînsă dependență cu sarcina electrică turboagregatului. Un alt dezavantaj îl constitu faptul că impune în multe regimuri de funcți nare o laminare a aburului de la presiun din priză la cea necesară în boilere, funcție d temperatura apei de termoficare.

Aceste inconveniente se pot elimina pr realizarea unei prize reglabile care permi o prelevare mărită de abur și un reglaj al pr siunii în priză funcție de parametrii de funcți nare ai rețelei. Ca revers însă, această soluț impune instalarea unei capacități de produce a energiei termice în regim de vîrf (fig. 4

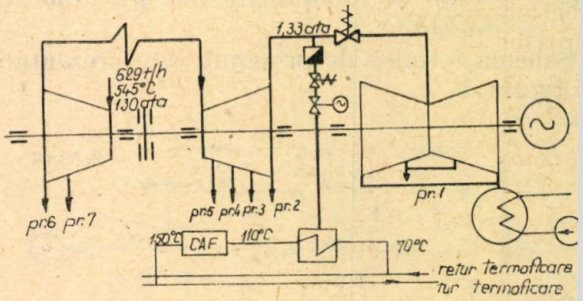


Fig. 4. Schema instalației de termoficare.

Realizarea prizei reglabile se poate face prin realizarea în *CJP* a unor diafragme rotat înainte de treptele 24 și 28, fie prin monta unor clapete de reglaj tip fluture pe conduct de legătură *CMP—CJP*. Prima soluție a f realizată de specialiștii de la ȚKB Glavenergo mont-filiala Harkov și presupune modific ale părții de curgere din turbină și la siste de reglaj al turbinei [4]. Această soluție asig la regim nominal o sarcină termică de 110 Gca la o presiune în priză de 1,2—2,5 ata și cond la reducerea consumului specific de combust cu 40—60 g c.c./kWh [5].

Avînd în vedere că se dorește realiza prizei reglabile fără modificări la turbină, analizat soluția a doua, cu clapetă de regl între *CMP—CJP*, utilizînd o clapetă de ti celei existente la grupul FIL—150 [6].

Procese termice și mecanice în turbină. Din unctul de vedere al regimurilor de funcţionare, e disting două situaţii :

a) presiunea în camera prizei se menţine la aloarea presiunii naturale care se realizează ı regim de condensaţie la acelaşi debit de abur ıtrodus în turbină ;

b) presiunea în priză diferă faţă de presiunea aturală realizată în regim de condensaţie la celaşi debit de abur.

În primul caz, funcţionarea turbinei nu este ıfluenţată decît dacă prin prelevare se reduce ebitul de abur în *CJP* sub valoarea minimă. 'roblema care se pune în această situaţie este e a realiza un reglaj care să urmărească menţi- erea presiunii în priză, strict funcţie de încăr- area turbinei.

În cazul „b", în afara problemei asigurării ebitului minim de abur pentru răcirea *CJP*, rebuie stabilite şi limitele maxime admisibile e variaţie a presiunii în priză faţă de presi- nea naturală ce se instalează la regimul de ondensaţie. Limita inferioară este impusă de licitarea suplimentară la încovoiere ce apare ı paletele ultimelor trepte din *CMP*. Limita ıperioară este determinată atît de încărcarea gărului axial cît şi de intrarea în regim de înă a ultimei trepte din *CMP*.

Prelevarea maximă de abur s-a stabilit la 25 t/h (130 Gcal/h), valoare care nu afectează ncţionarea normală a *CJP*. Pentru stabilirea nitelor de funcţionare şi a performanţelor, a

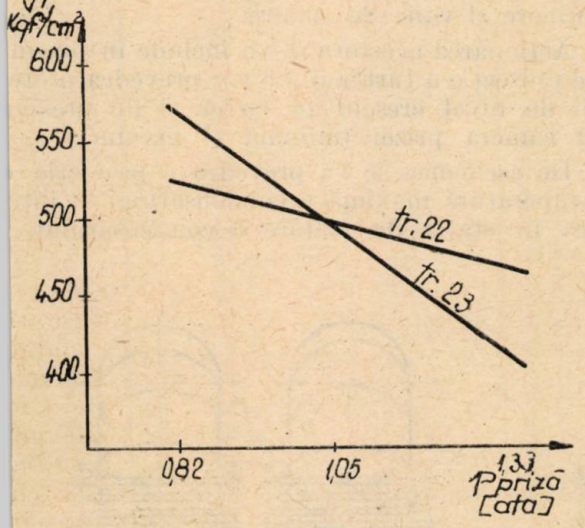


Fig. 5

t refăcut calculul turbinei treaptă cu treaptă ntru diferite debite de abur viu, încărcări priză şi presiuni în priză.

În figura 5 se prezintă variaţia solicitărilor încovoiere a paletelor de la treptele *22* şi *23* ıcţie de presiunea în camera prizei, pentru = 629 t/h.

Scăderea presiunii în priză sub 1,05 ata nu este permisă, deoarece se depăşeşte valoarea admisibilă de 500 kgf/cm² [1].

Trebuie precizat că, din punctul de vedere al eforturilor axiale în turbină, funcţionarea în regim de termoficare determină modificarea eforturilor axiale în *CMP*. În figura 6 se prezintă variaţia solicitării axiale în *CMP* funcţie de presiunea în priză.

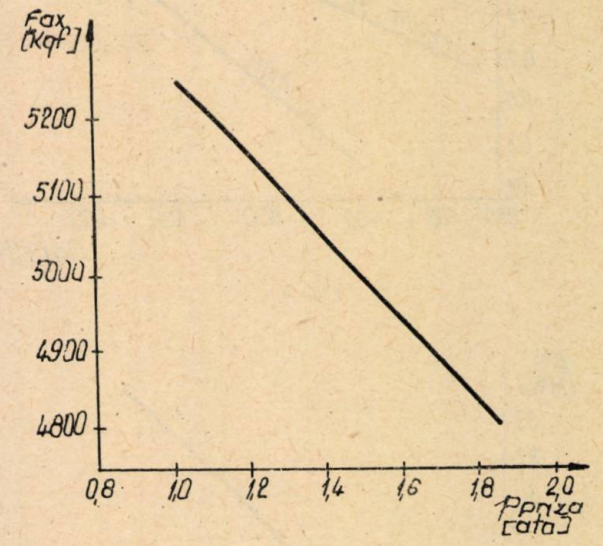


Fig. 6

În cazul sarcinii nominale şi al ridicării presiunii în priză la 1,95 ata, încărcarea pastilelor inactive creşte cu 7,53% faţă de regimul de condensaţie, dar nu se depăşeşte forţa maximă ce poate fi preluată de pastilele inactive. La acelaşi debit de abur viu, creşterea presiunii în priză la valori mai mari de 1,95 ata conduce la intrarea în regim de frînă a treptei *23*. Regimul de funcţionare cu prelevare din prizele fixe *2*, *3* şi *4* este echivalent din punctul de vedere al solicitării axiale cu regimul de funcţionare cu presiune în priză de 1,6 ata (la încărcarea nominală).

În cazul scăderii presiunii în priză la 1,05 ata la regim nominal, eforturile axiale în turbină sînt în limitele normale. Conform măsurătorilor efectuate la CTE Zmievsk [7], CTE Mintia şi CTE Iernut [8], turbinele K-200-130 prezintă deplasări axiale negative care se încadrează în jocul de 0,55 mm asigurat la montaj.

În figura 7 se prezintă domeniul de variaţie a presiunii în camera prizei funcţie de debitul de abur viu.

Funcţionarea în regim de termoficare va conduce la reduceri importante de putere. Astfel, la regimul nominal, reducerea de putere variază între 22,5 şi 33,6 MW, funcţie de presiunea în priză (fig. 8).

Pentru regimul de funcţionare cu presiune constantă în priză (p = 1,33 ata), s-a construit şi diagrama de regim.

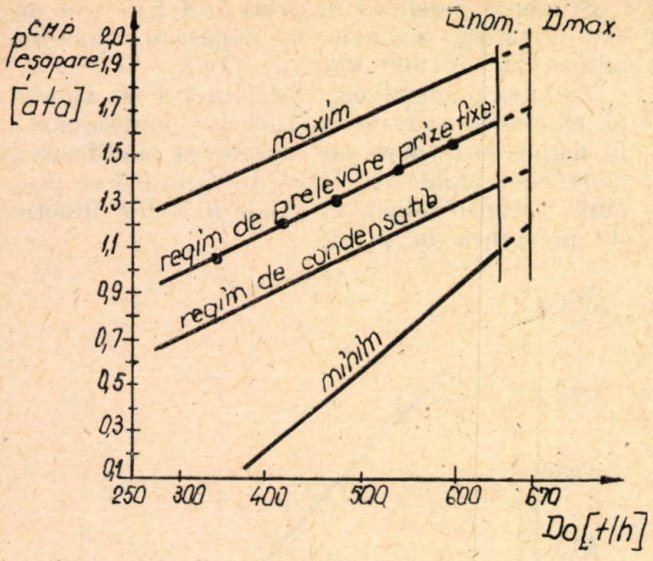


Fig. 7

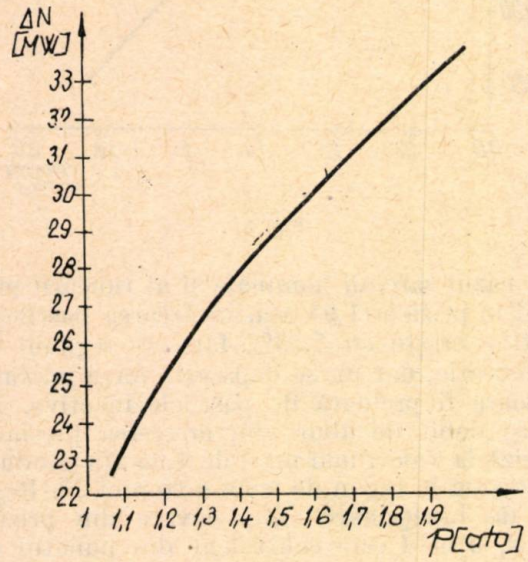


Fig.8

Funcţionarea în acest regim a unui grup d la CTE Mintia va conduce la o economie d combustibil de 31 500 t c.c./an [8].

Realizarea prelevării aburului dintre CM şi CJP. Încadrarea în schema termică Pentru a preleva cele 225 t/h abur sînt necesar racorduri Ø 1090 din cele două conducte d legătură dintre *CMP* şi *CJP*. În această zon trebuie introduse şi clapetele de reglare.

Deoarece conductele de legătură sînt relati scurte s-a propus soluţia prezentată în figura 9 Se supraînalţă conductele de legătură cu cît două tronsoane de ţeavă de acelaşi diametru În tronsoanele dinspre *CMP* se fac racorduril de prelevare, iar în cele dinspre *CJP* se introdu clapetele de reglaj tip fluture. Supraînălţare conductelor de legătură cu 1,5 m este posibilă neafectînd libera circulaţie a podului rulan

Aburul prelevat din turbină se introduce î 1—2 boilere de termoficare. Condensatul di boilere poate fi reintrodus în ciclu în linia d condensat de bază, fie între *PJP* 2 şi *PJP* fie în refularea pompelor de condensat de baz treapta I.

Debitele de abur prelevate de circuitul reg nerativ pentru *PJP 1*, *2*, *3* şi *4* variază funcţi de modificarea presiunii în priză. În figura 1 se prezintă această variaţie în cazul încărcăr nominale şi în soluţia cu reintroducerea co densatului din boilere în staţia de trata condensat.

Pentru protejarea turbinei pe conductele abur spre boilere se vor prevedea clapete reţinere şi vane de izolare.

Acţionarea acestora se va include în sistem de protecţie a turbinei. Se vor prevedea prote ţii de nivel crescut în boiler şi de presiu în camera prizei (minimă şi maximă).

De asemenea se va prevedea o protecţie temperatură maximă a condensatului la intr rea în staţia de tratare a condensatului.

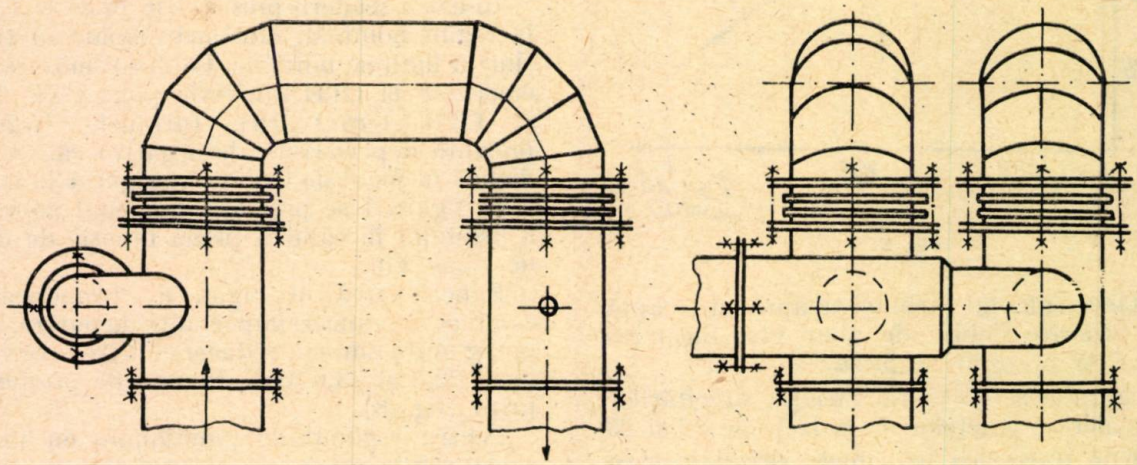


Fig. 9. Soluţia de realizare a racordului de abur şi de amplasare a clapetelor de reglare.

Soluția de adaptare a sistemului de reglaj. daptarea sistemului de reglaj poate fi tratată ı două moduri:

— prin recalcularea și modificarea întregului stem de reglaj [9] sau

— prin suprapunerea peste actualul sistem e reglaj al turbinei a unei bucle de reglaj presiunii aburului în priza de termoficare. Deoarece prima soluție prezintă dificultăți ı ceea ce privește calculul și construcția, s-a nalizat numai soluția a doua.

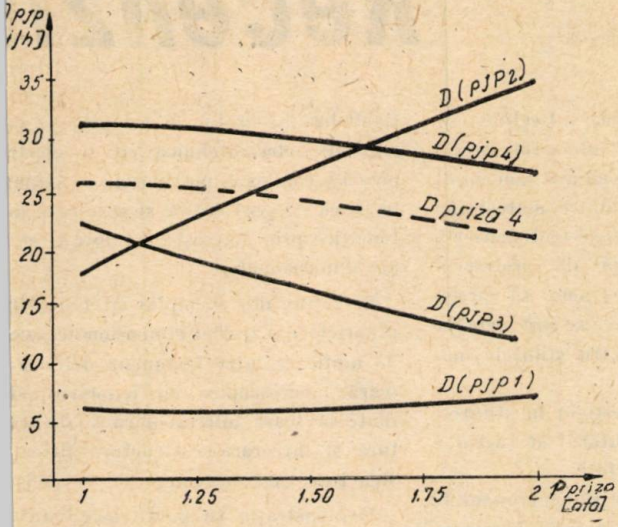


Fig. 10

Bucla de reglare a presiunii în priza de termo- are trebuie să permită menținerea presiunii se în camera prizei funcție de regimul de cărcare, conform diagramei din figura 7. În este condiții, reglarea prelevării a fost tratată o buclă de reglaj autonomă care nu afec- ază funcționalitatea reglajului hidraulic cu e este prevăzut turboagregatul.

Analizînd mai multe soluții, s-a ales soluția reglare automată cu elemente electrohidra- ce.

Soluția adoptată permite funcționarea în im de termoficare a turbinei K-200-130 sau fără reglaj de presiune amonte. Schema reglare este astfel concepută, încît realizează larea poziției clapetelor de reglare tip fluture ucție de presiunea în camera prizei și de un nsemn de debit fixat de operator.

Orice modificare a debitului de abur viu, urmare a necesității de modificare a sarcinii datorită reglajului de presiune amonte, transmite acestui etaj de reglare, care modi- poziția clapetelor proporțional cu mărimea itului modificat, aceasta făcîndu-se prin rmediul unei came solidare cu servomotorul sau axul cu came al ventilelor de reglare. La închideri intempestive (aruncări de sar- ă), bucla de reglare permite descărcarea condensator a aburului admis în turbină n deschiderea clapetelor de reglaj.

Concluzii

Calculele de verificare, din punct de vedere termic și mecanic, efectuate la turbinele tip K-200-130 demonstrează că este posibilă și economică trecerea lor la funcționarea în regim de termoficare, atît cu prelevare din prize fixe, cît și cu prelevare din priza reglabilă, fără a se face modificări ale turbinei propriu-zise.

În regimul de funcționare cu prelevare din prizele fixe nr. *2*, *3* și *4* se poate realiza un debit de căldură de 47,8 Gcal/h, cu o încălzire a apei de rețea de termoficare de la 70 la 150°C, dar cu o reducere a puterii electrice pe grup de maximum 5%.

Soluția aceasta este pusă în funcțiune la CTE Iernut și se va aplica și la *TA1—TA5* din CTE Mintia. Economia de combustibil în condițiile de la CTE Mintia se estimează la 7600 t c.c./an și grup.

Funcționarea turbinei în regim de priză reglabilă permite realizarea unei sarcini termice nominale de 130 Gcal/h, încălzind apa de termoficare de la 70 la 118°C. Presiunea în camera prizei se poate regla între 1,05 și 1,6 ata (1,95 ata).

Reducerea de putere electrică nu depășește 13,5%. Această soluție se va putea aplica la CTE Mintia după 1985, în măsura în care creșterea de consum va depăși capacitatea de livrare de căldură de turbine în regim de prize fixe.

Economia de combustibil preliminată a se realiza la un grup de la CTE Mintia este de 31 500 t c.c./an.

Trecerea turbinei la funcționarea în aceste regimuri impune completarea instalațiilor de AMC și adaptări în circuitul de preîncălzire regenerativă. Introducerea prizei reglabile necesită și includerea sistemului de acționare a clapetelor de reglare în sistemul de reglaj al turbinei.

Bibliografie

[1] Grecu, T., Cîrdu, M. și Nicolau, I. *Turbine cu abur.* Editura tehnică, București, 1976.

[2] Traupel, W. *Termische turbomaschinen.* Springer Verlag, 1966.

[3] * * * *LMZ Instrucțiune de exploatare a turbinei K—200—130* (nr. 1349, 1414 și 1738).

[4] Averbach, I. A. *Vazmojnosti pokritia znacitelnih teplofikaționnih nagruzok blocinimi kondensaționnimi turboustanovkami.* În: Teploenerghetika, nr. 10, 1971.

[5] Kosinov, I.P. ș.a. *Opit modernizații parovih turbin s țeliu povîrșeniia teplovoi moșcinosti.* În: Elektriceskie stanții, nr. 11, 1976.

[6] Slăvescu, M. și Georgescu, A. *Cercetări experimentale privind clapeta fluture Ø 1200 pentru TA de 150 MW.* A doua sesiune de comunicări tehnico-științifice ICPET, București, 1972.

[7] Polisciuc, V. și Levcenko, B. *Ispitaniia i dovodka moșcinih parovih turbin.* În: Mașinostroenie, 1977.

[8] * * * *Cercetarea trecerii grupurilor K—200—130 montate la CTE Mintia și CTE Brăila, la funcționarea în regim de termoficare.* ICEMENERG, 1979.

[9] Karliner, V.M. *Osobennosti regulirovaniia turbini K-200-130 s otborom pasa.* În: Elektriceskie stanții, nr. 5, 1978.

Recenzi

CONSTANTIN I. STAICU. **Restricted and General Dimensional Analysis — Treatment of Experimental Data (Analiza dimensională restrînsă şi generală — Prelucrarea datelor experimentale)**. Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, England, 1982 (304 pagini).

Pornit cu mai bine de treizeci de ani în urmă de la nedumeriri şi nemulţumiri, pentru soluţiile propuse în rezolvarea unor probleme de fizică, în aparenţă simple, dar cu tratări greoaie şi uneori neconcordante, mai ales sub raportul sistemelor de unităţi de măsură, Constantin I. Staicu oferă o lucrare originală şi amplă în extinderea şi profunzimea ei pe planul gîndirii fizico-matematice : „Analiza dimensională restrînsă şi generală".

În explorarea lucrării — şi indirect a autorului — consemnăm de la început sensul unei deschideri de perspectivă ale cărei implicaţii largi, în discipline ştiinţifice matematizate sau chiar pentru altele nematematizate încă, nu pot fi estimate complet, mai ales pentru ansamblul structurilor de idei ce se profesează în domeniul atît de controversat al teoriilor cunoaşterii, recunoaşterii şi învăţării ; s-ar putea prea bine să ne aflăm în faţa unui punct de cotitură, printr-un nou sistem de criterii propuse pentru rigoare.

Este un merit al şcolii româneşti matematice de a se fi aliniat prin opere de anvergură năzuinţei fireşti de contact direct şi tangibil cu faptul real şi cu tot ce porneşte dintr-o asemenea origine de coordonate. Vom cita astfel în sprijinul acestei afirmaţii opere şi descoperiri datorate unor matematicieni români, devenite clasice şi, în acelaşi timp, bun al patrimoniului universal : „Mecanica invariantivă" şi „Modelarea informaţională", datorate profesorului Octav Onicescu, „Lecţiile de geometrie diferenţială" ale profesorului Gheorghe Vrînceanu şi cu atît mai mult în domeniul graniţei dintre matematici şi fizică „Ecuaţiile fizicii matematice", structurate în sinteză de profesorul Nicolae Teodorescu. Ţinem să precizăm că exemplele propuse sînt departe de a fi exhaustive pentru ştiinţele matematice româneşti.

Triadei de înalt prestigiu în ştiinţele citate i se adaugă autorul şi lucrarea din titlul recenziei de faţă.

În fizică, în studiile şi experimentele ce se efectuează asupra unui fenomen, se încearcă să se determine mărimile primare şi secundare şi variaţia acestora pe parcursul desfăşurării fenomenului în cauză ; în esenţă se caută să se stabilească modul în care mărimile implicate devin funcţii de mărimile geometrice de spaţiu şi timp, aceasta fiind modalitatea devenită clasică deocamdată de descriere a producerii unui fenomen fizic dat. Relaţiile de calcul în care se introduc mărimile odată stabilite şi măsurate reprezintă modelarea matematică a fenomenului.

Pentru descrierea oricărui fenomen fizic se au în vedere postulate şi axiome fizice şi postulate şi axiome matematice, corelarea acestor două categorii făcîndu-se totdeauna prin postulate şi axiome dimensionale. Se poate deci vorbi despre o categorie filozofică a unei teorii dimensionale. În consecinţă, la acest mod se pune în discuţie matematica sau matematizarea faptului real.

Se cunoaşte faptul că electrodinamica, fizica fenomenelor de interacţiune a cîmpurilor electromagnetice, a dat naştere în tehnologie la două discipline : electrotehnica şi electronica, supuse unor postulate şi axiome fizice comune, dar cu metode de investigare care diferă prin ordinul de mărime al variabilelor măsurate. În relaţiile de ca cul, atît electrotehnica cît şi electr nica îşi corelează postulatele şi axiom le fizice cu postulatele şi axiomele m tematice prin aceleaşi postulate şi axi me dimensionale.

Se reţine din exemplul citat o pri proprietate a teoriei dimensionale, ac de unificare între fenomene definite scară macroscopică cu fenomene s diate la scară microscopică şi de le tură şi integrare a structurii fizice structură matematică.

Demonstraţia se poate face din proape în aproape şi pentru domenii zice referitoare la interacţiuni de că de structuri diferite : electromagne mezonic, spinorial, gravitaţional

Se poate deci vorbi despre teoria mensională şi respectiv despre cal lul dimensional ca despre o organiz logică restrînsă şi generală a fizicii, unificare intrinsecă şi de integrare matematică.

S-a făcut această discuţie cu inter de a propune o dezbatere în pagi revistei „Energetica" asupra temei, ales pentru domeniul atît de string al producerii şi transportului de e gie. Este în acelaşi timp de semn caracterul de generalitate adus în ria calculului dimensional, contrib amplă şi originală a autorului şi de p ritate absolută.

Prestigioasa editură internaţională bacus Press din Anglia, care găzdui cartea pe care o recenzăm, s-a rema ca o instituţie pretenţioasă ; în co cinţă merită arătat că şi prin ace valoarea lucrării este verificată o în plus şi pe plan internaţional.

Lucrarea, dezvoltată de autor în secţiuni : Bazele analizei dimensio Analiza dimensională restrînsă, Ap ţiile analizei dimensionale restr

Analiza dimensională generală, Aplicaţiile analizei dimensionale generale, şi patru anexe, marcînd o entropie a informaţiei extrem de ridicată, conduce într-o ordonare sistemică un raţionament de amplă demonstraţie de logică ştiinţifică.

Lucrarea nu este un tratat închis de predicţii, ci a fost gîndită în ideea de curs în care se propun probleme spre rezolvare, explicitate din punctul de vedere al mecanismului teoretic în secţiunile destinate special acestei intenţii : unu, doi şi patru, secţiunile trei şi cinci fiind rezervate exemplelor de aplicaţie efectivă.

În actuala criză energetică declanşată pe plan mondial privirile cercetătorilor s-au îndreptat nu numai în direcţiile de perspectivă care să aducă în balanţa energetică surse noi, dintre care unele se dovedesc foarte scumpe sau n-au putut fi încă trecute din faza pregătirilor de laborator, ci mai ales şi retrospectiv, avînd în vedere o reconsiderare a proceselor de producere, conversie şi transfer al energiei. În această din urmă accepţiune se repun în discuţie atît tehnologiile utilizate în vederea îmbunătăţirii lor, cît şi structurile matematice de calcul utilizate curent şi la care de foarte multe ori aproximaţiile şi erorile se dovedesc grav defavorabile. Transferul de căldură în metale, problemă amplă şi complexă, în speţă în pereţii carcasei unei turbine cu abur, în practica analizei dimensionale aplicate îşi găseşte o soluţionare necunoscută încă, mai precis, tocmai în practica profesională a autorului lucrării[1] discutate aici. Aceasta ca să aducem doar un argument eficient şi imediat pentru aplicaţiile teoriei calculului dimensional. Se realizează astfel pentru un capitol important al termotehnicii un cîmp nou de investigaţii căruia i se conferă o metodă şi o modelare matematică, originale, bazate pe criterii noi.

Ediţia engleză a lucrării a fost precedată, în anul 1976, de apariţia ediţiei româneşti în Editura tehnică, sub titlul „Analiza dimensională generală", intersectată pe parcursul acestui interval de timp de o concretizare directă, aplicativă, şi anume invenţia autorului, brevetată de OSIM — România sub nr. 77249, cu titlul „Calculator electronic pentru stabilirea relaţiilor fizice monom, omogene dimensional". Ţinem să semnalăm acest aspect, deoarece demonstrează aptitudinea lui Constantin I. Staicu de a-şi crea şi tehnica proprie, originală şi concretă de investigare, ca un adjuvant de primă importanţă pe lîngă expunerea teoretică.

Se obişnuieşte într-o recenzie să se precizeze şi sfera de preocupări căreia i se adresează lucrarea prezentată. În cazul de faţă răspunsul este uşor de formulat : matematicienilor, fizicienilor şi inginerilor, în accepţiunea abordării celor trei profesiuni la un standard de conexiune superior.

„Analiza dimensională restrînsă şi generală" circumscrie concomitent rigoarea logicii ca parte integrantă a filozofiei, am putea spune o filozofie a concretului, cum trebuie gîndită congruenţa între matematici, fizică şi tehnologie, dar accesibilă numai filozofilor şi logicienilor care au şi o pregătire adecvată în domeniile matematicilor şi fizicii, cu înţelegere pentru faptul tehnologic. Probabil această condiţie este şi va rămîne un timp o problemă de opţiune dificilă, dar necesară şi nu de netrecut. Autorul, calificat în acest sens profesional, a făcut un astfel de pas.

Ing. **Alexandru Forje** — ICEMENERG —
Conf. dr. matem. **Claudia Lidia Simionescu**, Prof. dr. fiz. **Giuseppe Munteanu** — Universitatea Braşov —

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.1.01.061.3

IX-ое Совещание румынских теплоэнергетиков — — Брашов, 3—5 декабря 1981 г.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 147—150

ДК 621.039.:539.17.

И. Урсу, И. Пурика: **Критерии оптимизации в комплексном использовании атомной энергии**

Используя биматрицные игры ненулевой суммы, авторы пришли к заключению, что можно анализировать внедрение системы конверсии, в смысле её оптимизации, таким образом, чтобы для внедрения и выроста коэффициента полезного действия (к п д) была достигнута большая полезная энергия и маленькое усилие внедрения новой системы конверсии в малейшем времени блокировки.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 151—156

ДК 621.181.63

К. Михэйляну, Ал. Флореску и. др.: **Использование тепловых насосов в Румынии**

Приведены специфичные области применения тепловых насосов, выработка оптимальных решений по использованию насосов, стадии производства оборудования в Румынии, энергетические выгоды (сбережение топлива по сравнению с классическим методом), конкретные применения в нашей стране, а также перспективные ориентировки исследований и применений в этой области.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 157—163

ДК 621.181.63 : 621-68

Фл. Кириак, Д. Хера и др.: **Системы использования потерянного тепла насосами очень больших мощностей**

Описаны тепловые насосы, созданные Бухарестским Строительным институтом а также насосы которые находятся в фазе строительства на промышленных площадках. Рассмотрены нижеследующие типы насосов: топливный насос вода/вода с ресорбцией, насос вода/вода с механической компрессией и абсорбцией, а также топливный насос с паровой эжекцией.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 163—167

ДК 621.181.63

И. Дэнилэ, И. С. Думитреску, В. Мушатеску: **Вклад по вопросу использования тепловых насосов в освоении геотермических вод или вторичных энергетических ресурсов низкой температуры для отопления помещений**

Типы насосов, принятые во внимание в этой статье являются насосами с механической компрессией и абсорбцией. Из первого класса, фреоновые насосы — 12 имеют выгоды, благодаря использованию этого охлаждающего выгода. Среди абсорбционных насосов были подчеркнуты насосы с NH_3 (решение Бухарестского Строительного института), а также насосы с LiBr (решение Политехнического института из Яссы). Также, приведено сравнение — с энергетической точки зрения — между топливными насосами с механической компрессией и абсорбционными насосами, используемыми в отоплении помещений.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 167—170

ДК 662.62.003

Ч. Преда, Ст. Брынзей и др.: **Технико-экономические аспекты по вопросу снижения топливного расхода в области транспортов**

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 171—176

ДК 662.61 : 662.613.5

Н. Антонеску: **Сжигание с газовой рециркуляцией, для преодоления шлакообразования при слоевом сжигании лигнитов**

Техника сжигания с газовой рециркуляцией, основанной на исследованиях Бухарестского Строительного института, а также на экспериментальных проверках, предлагает все предпосылки для сооружения маленьких котлов, со слоевым сжиганием лигнитов с повышенными результатами. С целью исследования термокинетического поведения лигнита был использован дериватно-графический метод. Из результатов этих анализов были сделаны главные выводы по вопросу эффекта рециркуляции выхлопных газов в процессе сжигания лигнитов.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 177—181.

ДК 662.995 : 661.8

И. Карабогдан, В. Атанасович и др.: **Эффекты транспортного расстояния на режим теплоснабжения потребителей горячей воды**

Описывается математическая модель на основе которой рассматривается эффект транспортных расстояний теплоты, в форме горячей воды, на способ в котором можно произвести регулировка количества тепла поставленного источником.

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 181—186

ДК 697.34 : 621.165

Д. Нештяну, М. Попович, С. Бобок: **Возможности действия в теплофикационном режиме конденсационной турбины 200 МВт — ЛМЗ. Технические решения и наилучшие результаты**

Проверочные расчёты, с термической и механической точки зрения, проведенные у турбин К-200-130, демонстрируют что является возможным и экономичным и переход на теплофикационный режим, как с отводом из неподвижных пароподводов, так и с отводом и реглируемых пароподводов, без структурных изменений турбины. Предвиденное сбережение топлива для блока ТЭС представляет собой 31.500 т усл. топлива/год

Energetica 30 (1982), № 4, стр. 187—191

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.1.01.061.3

*** * * Die 9. Konferenz der Thermoenergetiker aus Rumänien, Braşov, der 3—5. Dezember 1981**

Energetica 30 (1982), H. 4, S. 147—150

DK 621.039 : 539.17

I. Ursu, I. Purica: **Optimierungskriterien zur komplexen Anwendung der Kernenergie**

Durch Anwendung der Doppelmatrix-Spiele deren Summe nicht Null beträgt, kommen die Verfasser auf die Schlussfolgerung, dass die Einführung eines Umwandlungssystems aus dem Standpunkt seiner Optimierung aus so analysiert werden kann, dass man für eine praktische Durchführung und Leistungserhöhung eine grosse nützliche Energie erhält sowie wenig Bemühungen für die praktische Durchführung des neuen Systems in einer kurzen Sperrzeit erzielt.

Energetica 30 (192)7 H. 4, S. 151—156

DK 621.181.63 (R)

C. Mihăileanu, Al. Florescu u.a.: **Die Anwendung der Wärmepumpen in Rumänien**

Es werden die spezifischen Anwendungsgebiete der Wärmepumpen aufgezählt, sowie die Ausarbeitung der (optimale

nwendungslösungen für die Pumpen, der Stand der Arbeiin für diese Einrichtungen in Rumänien, energiewirtschaftche Vorteile (Brennstoffersparnisse im Vergleich zu der assischen Lösung), konkrete Anwendungsbeispiele in unrem Lande, sowie die zukünftigen Entwicklungstendenn der Forschungen und Anwendungen in diesem Gebiet.
ergetica 30 (1982), H. 4, S. 157–163

K 621.181.63 : 621-68

. Chiriac, D. Hera u.a. : **Wärmerückgewinnungstechnologien mit Hochleistungs-Wärmepumpen**

Es werden die im Institut für Bauwesen Bukarest realisiern Wärmepumpen beschrieben, sowie einige, die in verhiedenen Industriebetrieben, im Bau sich befinden. Folnde Pumpentypen werden analysiert : die Wasser-Wasser ugwärmepumpe, die mechanische Kompressions-und ugwärmepumpe und die Dampfstrahlwärmepumpe.
ergetica 30 (1982), H. 4, S. 163–167

K 621.181.63

. Dănilă, I. S. Dumitrescu, V. Mușatescu : **Beiträge zur Anwendung der Wärmepumpen für die Verwertung, zur Raumheizung, des georthermalen Grundwassers und der Tieftemperatur-Sekundärquellen**

In diesem Beitrag werden die mechanischen Kompressionsmpen und die Saugpumpen beschrieben. Unter jenen s der ersten Gruppe haben die Freon 12-Pumpen wichie Vorteile in ihrer Anwendung in der Kühltechnik. Unter n Saugpumpen werden jene mit NH_3 (im Institut für uwesen Bukarest projektiert) und jene mit LiBr (im Polyhnischen Institut Jassy projektiert) als vorteilhaft bechtet. Abschliessend wird ein Vergleich aus dem energiertschaftlichen Standpunkt aus zwischen den mechaniien Kompressionswärmepumpen und den zur Raumheiig anwendbaren Saugpumpen gegeben.
rgetica 30 (1982), H. 4, S. 167–170

662.62.003

. Preda, St. Brînzei u.a. : **Technisch-wirtschaftliche Aspekte der Brennstoffverbrauchsminderung im Transportwesen**

rgetica 30 (1982), H. 4, S. 171–176

662.61 : 662.613.5

Antonescu : **Der Gasrückführungsvorgang zur Vermeidung er Schlakkeablagerungen bei der Verbrennung von Braunkohleschichten**

Die Brenntechnik mit Gasrückführung, im Institut für uwesen Bukarest durch Forschungsarbeiten und später ch Experimentalversuche studiert, beitet alle Vorteile eine Anwendung bei kleinen Kesseln mit Verbrennung Braunkohleschichten. Das wärmekinetische Verhalten Braunkohle wurde anhand der graphischen Ableitungshode festgehalten. Diese Forschungsergebnisse führten vichtigen Schlussfolgerungen über den Einfluss der Brennrückführung in dem Braunkohleverbrennungsvorgang.
getica 30 (1982), H. 4, S. 177–181

362.995 : 661.8

Carabogdan, V. Athanasovici u.a. : **Der Einfluss der Überführungs-entfernung auf das Wärmezufuhrregime der Heisswasserverbraucher**

s wird ein mathematisches Modell, welches für die Abitzung der Einflüsse der Überführungsentfernung der rme als Heisswasser verwendet wird, beschrieben, sodie Art und Weise der Regelung der von der Quelle gerten Wärmenergie.
getica 30 (1982), H. 4, S. 181–186

697.34 : 621.165

Neștianu, M. Popovici, S. Boboc : **Die Möglichkeiten e 200 MW-Kondensationsturbine vom Type LMZ zur rnheizung anzuwenden. Lösungen und Leistungen**

ie thermischen un mechanischen Prüfungsberechnunfür die Turbinen vom Type 200–130 zeigen, dass ihr ieb für Fernheizung mit regelbarer und nichtregelbarer Dampfentnahme auch ohne Änderungen an der Turbine möglich und wirtschaftlich ist. Die jährliche einschätzbare Brennstoffersparnis für einen Wärmekraftwerksblock beträgt 31.500 t ske.
Energetica 30 (1982), H. 4, S. 187–191

SOMMARIE

CD 621.1.01.061.3

*** * * La 9ème réunion des thermoénergéticiens roumains — Brașov, 3–5 déc. 1981**

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 147–150

CD 621.039 : 539.17

I. Ursu et *I. Purica* : **Critères pour optimiser l'utilisation complexe de l'énergie nucléaire**

Après l'expérience acquise par l'utilisation des jeux bimatrices de somme non-nulle, les auteurs arrivent à la conclusion qu'il est possible d'analyser l'introduction d'un système de conversion sous l'aspect de son optimisation. Pour ce fait, le résultat de l'action d'implémentation et de l'accroissement du rendement, doit être une énergie utile plus grande et d'autre part un plus faible effort pour l'implémentation du nouveau système de conversion dans un temps de blocage le minimum possible.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 151–156

CD 621.181.63 (R)

C. Mihăileanu, Al. Florescu et a. : **L'emploi des pompes de chaleur en Roumanie**

On présente les domaines spécifiques de l'application des pompes de chaleur, les solutions optimum pour l'emploi des pompes, les perfectionnements réalisés à l'heure actuelle aux équipements roumains. L'article montre en outre les avantages énergétiques (économies de combustible en comparaison avec la solution classique), les applications concrètes dans notre pays, ainsi que les orientations de perspective des chercheurs et les applications dans ce domaine.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 157–163

CD 621.181.63 : 621-68

Fl. Chiriac, D. Hera et a. : **Systèmes de récupération de la chaleur basés sur les pompes de chaleur à très grande puissance**

On présente les pompes de chaleur conçues par l'Institut de constructions Bucarest, ainsi que les pompes en cours d'être réalisées sur une série de platformes industrielles. On analyse les suivants types de pompes : la pompe de chaleur eau-eau à résorption, la pompe eau-eau à compression mécanique et à absorption et la pompe de chaleur à éjection de vapeur.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 163–167

CD 621.181.63

N. Dănilă, I. S. Dumitrescu et V. Mușatescu : **Contributions visant la mise en valeur des eaux géothermales ou des ressources énergétiques secondaires à basse température dans le chauffage des enceintes**

L'ouvrage est consacré à la présentation de deux types de pompes : les pompes à compression mécanique et celles à absorption. De la première catégorie, celles à freon-12 présentent des avantages dus à l'utilisation de cet avantage frigorifique. De celles à absorption on met en évidence celles à NH_3 (la solution adoptée par l'Institut de constructions de Bucarest) et celles à LiBr (la solution adoptée par l'Institut polytechnique de Iași).

On fait une comparaison du point de vue énergétique entre les pompes de chaleur à compression mécanique et celles à absorption employées dans le chauffage des enceintes.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 167–170

CD 662.62.003

Gh. Preda, St. Brînzei et a. : **Aspects technico-économiques visant à réduire la consommation des combustibles dans le domaine des transports**

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 171–176

CD 662.61 : 662.613.5

N. Antonescu : **La combustion à recyclage des gaz pour éviter la scorification dans la combustion en couche des lignites**

La technique de la combustion à recyclage des gaz, fondée sur les recherches de l'Institut de constructions de Bucarest et les vérifications expérimentales, offre toutes les prémisses pour la réalisation de quelques petites chaudières à combustion en couche des lignites et dont les performances sont très élevées. Pour poursuivre le comportement thermocynétique du lignite on à utilisé la méthode dérivatographique. Les résultats de ces analyses permettent à tirer des conclusions importantes concernant l'effet du recyclage des gaz de combustion dans le procès de combustion des lignites.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 177–181

CD 662.995 : 661.8

I. Carabogdan, V. Athanasovici et a. : **Les effets de la distance de transport sur le régime d'alimentation en chaleur des consommateurs d'eau chaude**

Les auteurs étudient le modèle mathématique sur la base duquel on analyse l'effet des distances de transport de la chaleur, sous la forme de l'eau chaude, sur le mode employé pour le réglage de la quantité de chaleur livrée par la source.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 181–186

CD 697.34 : 621.165

D. Neştianu, M. Popovici et S. Boboc : **Possibilités de fonctionnement en régime de thermofication de la turbine à condensation de 200 MW – LMZ. Solutions et performances**

Cet ouvrage, qui traite de calculs de vérification, du point de vue thermique et mécanique, réalisés aux turbines K-200-130, démontre qu'il est possible et même indiqué du point de vue économique de les passer en régime de thermofication, tant avec la prélévation des prises fixes, tant avec la prélévation de la prise réglable, sans faire des modifications à la turbine. L'économie de combustible réalisée à un groupe d'une centrale thermoélectrique est de 31 500 t c.c./année.

Energetica 30 (1982), no. 4, p. 187–191

CONTENTS

DC 621.1.01.061.3

*** * * The 9-th Conference on Thermal Energy in Romania, Braşov, December 3–5, 1981**

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 147–150

DC 621.039 : 539.17

I. Ursu, I. Purica : **Optimization Criteria in the Complex Utilization of Nuclear Energy**

Applying the bimatricial games with non-zero sum, the authors conclude that the application of a conversion system can be analyzed from the point of view of its optimization, so that, for an implementation and efficiency increase, a great useful energy and a small implementation effort of the new conversion system during a very short shut-down time should be obtained.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 151–156

DC 621.181.63 (R)

C. Mihăileanu, Al. Florescu, a.o. : **The Use of Heat Pump in Romania**

The specific application of heat pumps, the working of this optimum utilization solutions, the stage of equipment building in Romania, the energy advantages (fu savings as compared to the classical solution), real applic tions in our country as well as future research and applic tion trends in this field are presented.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 157–163

DC 621.181.63 : 621-68

Fl. Chiriac, D. Hera, a.o. : **Heat Recovery Systems with Hi Power Heat Pumps**

The heat pumps designed at the Construction Institu Bucharest are presented as well as some other types in co struction at several other industrial enterprises. Followi pumps types are described : the water-water resorbti heat pumps, the water-water mechanic compression pur and the steam ejection heat pump.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 163–167

DC 621.181.63

N. Dănilă, I.S. Dumitrescu, V. Mușatescu: **Contributio to the Use of Heat Pumps for the Recovery of Geotherm Waters or Low Temperature Secondary Energy Resour Applied in Space Heating**

The pumps presented are : the mechanical compressi and the absorbtion pumps. From the first type, those o with Freon 12 show the advantage of an application for frigeration. Among the absorbtion pumps are outlined th with NH_3 (designed at the Constructions Institute Buch rest) and those with LiBr (designed at the Polytechni Institute Iaşi). The paper contains also an energy com rison between the mechanical compression heat pumps a the absorbtion heat pumps used for space heating.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 167–170

DC 662.62.003

Gh. Preda, St. Brînzei, a. o. : **Economical and Technic pects of Fuel Consumption Decrease in the Field of Tra portation**

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 171–176

DC 662.61 : 662.613.5

N. Antonescu : **Gases Recirculation Burning for Preven Slag Formation During Lignite Layers Combustion**

The technics of gases recirculation burning devised the research studies carried out at the Constructions In tute Bucharest as well as by experimental tests offers the premises for the design of small high performances lers burning lignite layers. The derivative graphic met has been used for the survey of the thermal-kinetic behav of lignite. From the results of these analyses some con sions about the effect of burning gases recirculation du the lignite burning process have been derived.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 177–181

DC 662.995 : 661.8

I. Carabogdan, V. Athanasovici, a.o. : **The Effect of Tr portation Distances on the Hot Water Consumers I Supply Regime**

The mathematical model for the analysis of the dist transportation effect of heat—as hot water—is describe well as the control type used for the heat delivered by source.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 181–186

DC 697.34 : 621.165

D. Neştianu, M. Popovici, S. Boboc : **Possibilities to Op the 200 MW Condensation Turbine Type LMZ in Dis Heating Regime. Solutions and Peformances**

The control calculations from a thermal and mech point of view carried out for the K-200-130 turbines de strate that their operation in a district heating regime is sible and economic, with fixed steam outlets as well as controllable steam outlets without changings operate the turbine as such. The fuel savings are expected to b a thermal power plant set of 31,500 t c.f./year.

Energetica 30 (1982), nr. 4, p. 187–191

MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRA

E 2039
MW
REFERALVA

5

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
MAI 1982

energetica

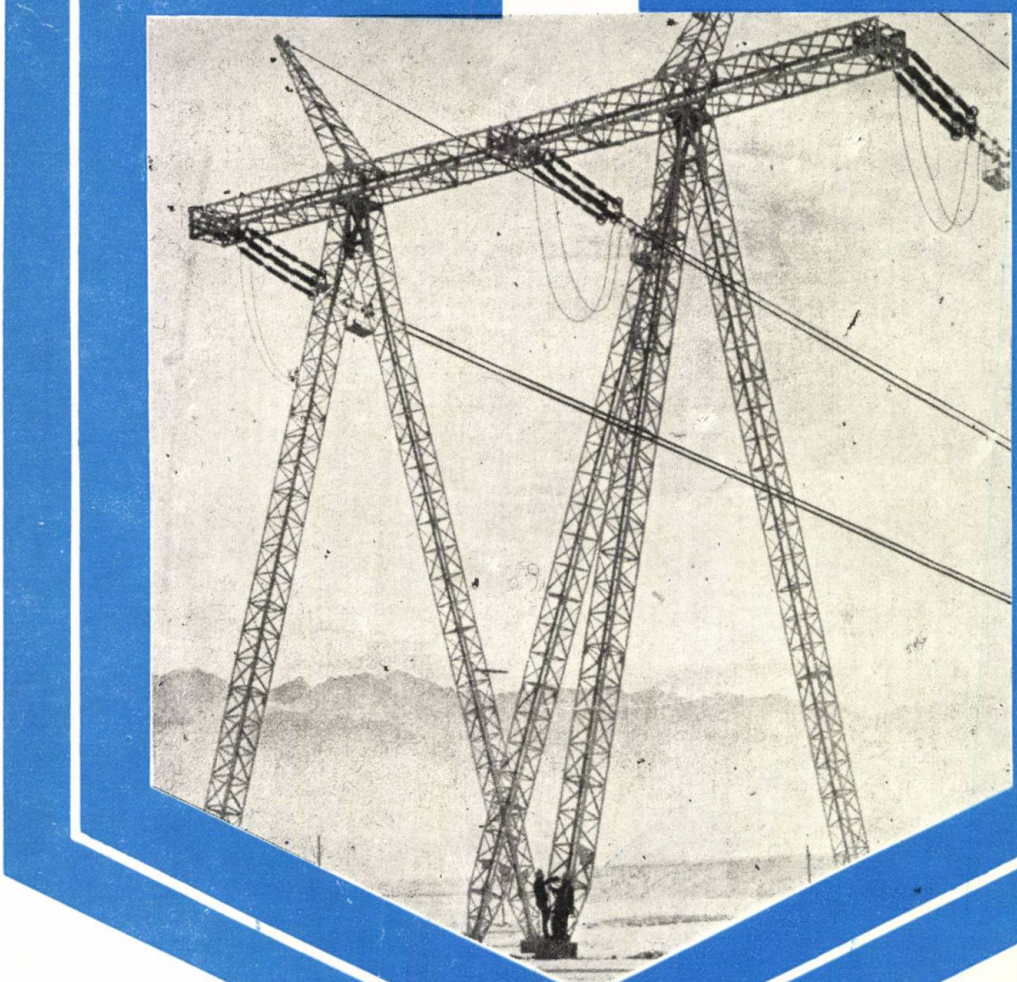
ROMELECTRO

FOREIGN TRADE COMPANY

1, Lacul Tei Blvd.
Bucharest, Romania
P.O. Box: 1–736
Cables: Romelectro Bucharest
Phone: 12 13 26
Telex: 10 449 ROEL–R

ROMELECTRO ROMANIA

EXPORT • IMPORT • POWER PROJECTS • ENGINEERING • CONSULTING • GENERAL CONTRACTOR



ROMELECTRO Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

EXPORTS :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and points ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- rural electrification equipment ;
- erection and assembling of power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers, chimneys), dams, hydrotechnical constructi etc., export and transport of electric power ;
- urban transport networks for trolley-buses ;
- studies, designs, technic assistance, expert's accounts in the power field as well as oth specific engineering jobs.

IMPORTS :

- complex power installation and equipment for thermo and hydropower generating plants ;
- specific equipment and components for the power field, relevant spare parts included ;
- equipment, apparata and materials for the erection of high, medium and low voltage line and for turn-key deliveries.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

r. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
ıg. P. Cartianu
ıg. M. M. Dăncilă
ıg. H. Furtunescu
ıg. N. Georgian
r. ing. Gh. Luca
r. chim. Maria Maftei
r. ing. G. Manolescu
ıg. B. Mareu
r. ing. A. Măcriş
ıg. I. Mălereanu (redactor responsbil adjunct)
r. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
rof. dr. doc. ing. V. I. Nitu
r. ing. E. Pavel
r. ing. T. Popa
r. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

evista „Energetica" este publicaţie nară devotată preocupărilor spirituale realizărilor materiale în domeniul enerticii

dacţia şi administraţia :
cureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8,
tor 3,
lefon : 20 67 30, 21 46 30

ANUL 30 **5** MAI 1982

Cuprinsul

ARTICOLE

Pag.

I. I. Purica
Un nou principiu în conversia energiei termice 197—202

D. Bicleşeanu, C. Cazacu, A. Rădulescu, N. Pănoiu, L. Mihăilescu
Rezultate preliminare obţinute la arderea prafului de lignit cu arzătoare cu impact de jeturi la un cazan energetic de 100 t/h 203—207

V. V. Ghia
Influenţa aburului de pulverizare a păcurii asupra recuperării căldurii gazelor de ardere evacuate din cuptoare 207—212

F. Vatră, A. Cristovici
Metodologie de calcul al pierderilor de putere activă în conductoarele de protecţie 213—220

S. Darie, H. Bălan
Asupra proiectării şi realizării unui contor electronic pentru măsurarea pierderilor de energie electrică pe liniile electrice 220—224

Vl. Nicu
Puterea electrică netă în regim de termoficare în perioadele de reducere a livrărilor de căldură prin apă fierbinte 225—226

Alex. Dănescu ş.a.
Sisteme de captare a energiei solare cu concentratoare cilindro-parabolice 227—229

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ ÎN EXPLOATARE

M. Popescu
Evaluarea efectelor regimului deformant asupra bateriilor de condensatoare prin măsurarea coeficientului de distorsiune a tensiunii de alimentare 230—231

INVENŢII-INOVAŢII
CRONICĂ
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINTIFICE
RECENZII
NORME. RECOMANDĂRI. PRESCRIPŢII

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ing. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste,

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică
Alice Anastasescu — redactor principal
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str, 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti. str. Brezoianu 23—25

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/6463/1982

41401

Un nou principiu în conversia energiei termice*)

Conf. dr. fiz. Ionel I. Purica**)

Problema principală a energeticii secolului ostru este aceea a conversiei energiei din forele în care o găsim în natură în formele neesare perpetuării și dezvoltării societății uane.

Combustibilii clasici, ca și cei nucleari, ne ermit ca, prin intermediul unor reacții chice (la temperatura flăcării, de ~ 2000 K) , respectiv, nucleare, să obținem energie terică, energie care, în ultimă instanță, este ergie cinetică dezordonată a moleculelor rpurilor. Aceasta este transformată în energie rdonată, lucru mecanic, în care toate molelele unui corp au o componentă egală de viză unidirecțională, sau în energie electrică, care electronii liberi dintr-un corp au o comonentă unidirecțională a vitezei.

Conversia energiei dintr-o formă în alta este pusă unor restricții naturale, care, prin traiție, sînt considerate ca făcînd obiectul termonamicii și toate analizele acestor procese au st făcute pornind de la cele două principii e termodinamicii. Chiar și conceptele cu care încearcă aprecierea calității conversiei enerei, cum ar fi exergia, sînt și ele niște extensii e aceluiași principii. Dacă aplicarea primului rincipiu nu a ridicat niciodată îndoieli reale upra aplicabilității sale, principiul al doilea a ciocnit frecvent de dificultăți în aplicarea i. Astfel, în cazul sistemelor chimice, în jul echilibrului termodinamic, depășirea acesr dificultăți a dus la generalizarea făcută de Prigogine [1] pentru descrierea sistemelor eschise, departe de echilibrul termodinamic, neralizare bazată pe relațiile lui Onsager [2].

Principiul al doilea al termodinamicii a avut origine conversia ciclică a căldurii în lucru ecanic, conversie utilizată curent în instaiile energetice. Or, toate aceste instalații nt caracterizate prin faptul că fac conrsia unei cantități de energie într-un anuit timp, deci că *funcționează cu o putere tă.*

În cele ce urmează se va arăta că, în cazul care conversia energiei se face cu o putere timă, este valabil un nou principiu de conversie, și anume: acțiunea ireversibilă este minimă. Sistemul de conversie preia de la sursa caldă o acțiune ireversibilă și cedează sursei reci aceeași acțiune ireversibilă numai dacă funcționează la putere maximă în conversia unității de căldură preluată de la sursa rece. Caracteristicile unui astfel de ciclu diferă de cele ale ciclului reversibil Carnot. În final, se va arăta de ce pînă în prezent bilanțurile termice bazate pe puterea sistemelor și pe optimizări de exergie s-au apropiat, în multe cazuri, de situația optimă.

1. Principiul al doilea al termodinamicii și ciclul Carnot

Condițiile conversiei „căldurii" în „lucru mecanic" au fost analizate de S. Carnot [3] și, ulterior, definitivate teoretic de R. Clausius [4], devenind ceea ce ne-am obișnuit să numim principiul al doilea al termodinamicii. Acest principiu continuă să fie utilizat ca atare și astăzi, pentru analiza proceselor de conversie.

În realitate, principiul al doilea se bazează pe analiza proceselor reversibile, izoterme și adiabatice. Or, procesele reversibile implică un transfer sau o conversie de energie care au loc într-un timp infinit de lung.

Ciclul Carnot este un ciclu în care, cu un sistem, se transformă căldură (energie dezordonată) în lucru mecanic (energie ordonată) în cantitate finită, W, care este egală cu diferența dintre căldura Q_1, luată izoterm reversibil unei surse calde la temperatura T_C, și căldura Q_2, cedată izoterm unui rezervor rece la temperatura $T_R < T_C$. Închiderea ciclului se face prin două procese adiabatice de destindere între T_C și T_R și apoi de comprimare de la T_R la T_C. În aceste condiții, randamentul transformării depinde doar de temperaturile celor două rezervoare de căldură:

$$\eta_\infty = 1 - \frac{T_R}{T_C}, \qquad (1)$$

iar entropia este o mărime de stare care se conservă în procesele reversibile:

$$S = \frac{Q_1}{T_C} = \frac{Q_2}{T_R}. \qquad (2)$$

Remarcăm că, în aceste condiții, ciclul Carnot, deși are o deosebită valoare academică, nu corespunde situațiilor reale, reprezentînd doar o limită. În orice proces de conversie, sîntem interesați să convertim o cantitate de energie în alta într-un timp dat, și nu într-un timp infinit. Deci interesează acele cicluri de

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenerticienilor din România. Brașov, 3–5 decembrie 1981.

**) Institutul politehnic București.

conversie în care puterea este maximă, și nu energia convertită.

Privită sub acest aspect, cea mai simplă conversie a energiei cinetice dezordonate (căldură) în energie cinetică ordonată (lucru mecanic) este supusă altor legi decît principiul al doilea al termodinamicii. Acesta are valoare atemporală și descrie ce se întîmplă la limita proceselor reversibile, cînd durata ciclului de conversie este infinită, deci puterea este nulă

2. Ciclul cu durata finită

Pentru ca durata unui ciclu de conversie să fie finită, este necesar, în primul rînd, să se preia căldura de la sursa caldă cu temperatura T_C într-un timp finit τ_1. Preluarea căldurii o vom considera izotermică. Preluarea căldurii se face printr-un perete diatermic, caracterizat printr-un coeficient global de transfer al căldurăii, K [cal/K.S].

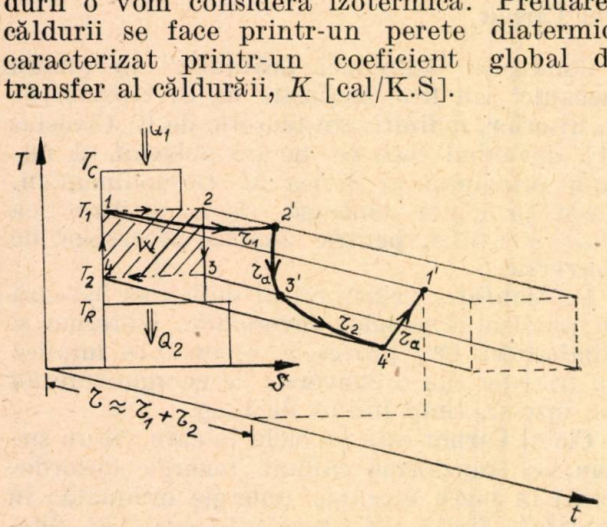


Fig. 1

Vom considera cicluri de conversie în care se preia aceeași cantitate de căldură Q_1 de la sursa caldă, dar în timpi τ_1 diferiți (fig. 1).

Legea de transfer a căldurii, dacă temperatura sistemului de conversie este T_1, va fi:

$$Q_1 = K(T_C - T_1)\,\tau_1 \qquad (3)$$

Remarcăm că, atunci cînd $T_1 \to T_C$ și dorim să transformăm de la sursă la sistem aceeași cantitate de căldură Q_1, durata τ_1 a transferului tinde către infinit, iar procesul devine, la limită, reversibil.

După timpul τ_1, în care sistemul de conversie a preluat izoterm la temperatura T_1 o cantitate de căldură Q_1 de la sursa caldă cu temperatura T_C, sistemul este supus unei destinderi adiabatice care îl face să ajungă la temperatura T_2. Vom presupune că durata transformărilor adiabatice este neglijabilă în raport cu durata τ_1 și că timpul de relaxare a gazului care formează sistemul de conversie este mic, astfel că, în raport cu viteza de destindere, gazul revine rapid în stare de echilibru, fără frecări interne.

Sistemul de conversie este pus în contact cu un perete diaterm, cu coeficient de transfer K, și cedează, la temperatura T_2, o cantitate de căldură Q_2 rezervorului rece, care se găsește la temperatura T_R:

$$Q_2 = K(T_2 - T_R)\,\tau_2 \qquad (4$$

Sistemul este adus apoi în starea inițială printr-o compresie adiabatică de la T_2 la T_1, deci la același volum, aceeași presiune, în consecință la aceeași temperatură și aceeași entropie, adică măsură a distribuției particulelor pe niveluri discrete de energie.

Datorită reducerii la starea inițială, avem

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \qquad (5$$

În acest proces apare un lucru mecanic $W = Q_1 - Q_2$ într-un timp $\tau = \tau_1 + \tau_2$, care în acest caz, aproximează durata ciclului de conversie.

3. Ciclul cu durată finită și putere maximă

Puterea furnizată este, prin definiție și ținînd seama de (5):

$$P = \frac{W}{\tau} = \frac{Q_1 - Q_2}{\tau} = \frac{Q_1}{\tau}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \qquad (6$$

Dacă Q_1 este constantă, atunci cînd $T_1 \to T_C$ și $T_2 \to T_R$, avem un ciclu Carnot reversibil, deci, așa cum rezultă din (3) și (4), $\tau \to$ și puterea este nulă. Cînd $T_1 = T_2$, avem minim, dar puterea este din nou nulă. Deoarece $\tau = \tau_1 + \tau_2$ depinde de T_1, T_2, vor exista temperaturi T_1^* și T_2^* pentru care puterea convertită va fi maximă.

Utilizînd valorile lui τ_1 și τ_2 din, respectiv (3), (4) și (5), avem:

$$\tau = \frac{Q_1}{K}\left[\frac{1}{T_C - T_1} + \frac{T_2}{T_1(T_2 - T_R)}\right] \qquad (7$$

Dacă notăm, pentru comoditate, cu $\theta_1 = T_1/T_C$, $\theta_2 = T_2/T_R$ și introducem (7) în (6) obținem pentru putere expresia:

$$P(\theta_1, \theta_2) = K \cdot \frac{(1 - \theta_1)\,(\theta_2 - 1)\,(T_C\theta_1 - T_R\theta_2$$

$$\theta_2 - \theta_1 \qquad (8$$

Este remarcabil faptul că puterea nu depinde de Q_1. Puterea va avea o valoare maximă pentru valorile θ_1^*, θ_2^* sau T_1^*, T_2^* care satisfac cuplul de ecuații:

$$\frac{\partial P}{\partial \theta_1} = 0\,; \quad \frac{\partial P}{\partial \theta_2} = 0$$

Se verifică ușor că acestea sînt :

$$(\theta_2^* - 1)\,[-(T_C\theta_1^* - T_R\,\theta_2^*)\,(\theta_2^* - 1) + \\ + T_C(1 - \theta_1^*)\,(\theta_2^* - \theta_1^*)] = 0 \\ (1 - \theta_1^*)\,[(T_C\theta_1^* - T_R\theta_2^*)\,(1 - \theta_1^*) - \\ - T_R(\theta_2^* - 1)\,(\theta_2^*\,\theta_1^*)] = 0 \qquad (10)$$

Deoarece $\theta_1 \neq 1$ și $\theta_2 \neq 1$, rezultă că termenii din (10) în paranteze mari trebuie să se anuleze. Prin împărțirea lor, se obține :

$$\theta_2^* - 1 = \pm\sqrt{\frac{T_C}{T_R}}\,(1 - \theta_1^*) \qquad (11)$$

Înlocuind în ecuația întîi din (10) valoarea lui θ_2^* din (11), se obțin imediat temperaturile T_1^*, T_2^* pentru care conversia se face cu putere maximă :

$$T_1^* = \frac{T_C}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{T_R}{T_C}}\right);\quad T_2^* = \frac{T_R}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{T_C}{T_R}}\right) \qquad (12)$$

Randamentul conversiei, în cazul în care aceasta se face ireversibil cu putere maximă, rezultă din (5) :

$$\eta_\tau^* = \frac{W^*}{Q_1} = 1 - \frac{T_2^*}{T_1^*} = 1 - \sqrt{\frac{T_R}{T_C}} \qquad (13)$$

Comparînd cu randamentul ciclului Carnot reversibil (1), valabil pentru $\tau \to \infty$ și $P = 0$, iar $W = \max.$, se vede că avem :

$$\eta_\tau^* < \eta_\infty = 1 - \frac{T_R}{T_C} \qquad (14)$$

Cu τ^* s-a notat durata ciclului care produce puterea maximă și care depinde de T_1^*, T_2^*, așa cum rezultă din (7).

. Principiul acțiunii necompensate minime

În conversia energiei cu cicluri cu durată finită, entropia totală crește pe ciclu și se conservă numai cînd durata ciclului este infinită, conform cu principiul al doilea al termodinamicii, $dS \geqslant 0$.

Procesele ireversibile de transfer al căldurii între sursa caldă și sistemul de conversie și între acesta și rezervorul rece sînt caracterizate prin apariția unor variații de entropie ireversibile, respectiv :

$$S_1^{ir} = Q_1\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C}\right);\quad \delta S_2^{ir} = Q_2\left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T_2}\right) \qquad (15)$$

Dacă ținem seama de (3) și (4), obținem :

$$\delta S_1^{ir} = \frac{Q_1^2}{K\tau_1 T_1 T_C};\quad \delta S_2^{ir} = \frac{Q_2^2}{K\tau_2\,T_2\,T_R} \qquad (16)$$

În cazul unui ciclu de conversie caracterizat prin putere maximă, am văzut că avem :

$$\frac{Q_2^*}{Q_1} = \sqrt{\frac{T_R}{T_C}} \qquad (17)$$

și deci din formula (16) rezultă relația remarcabilă :

$$\delta S_1^{ir} \cdot T_1^*\,\tau_1^* = \delta\,S_2^{ir}\,T_2^*\tau_2^* \qquad (18)$$

Vom numi $\delta S^{ir} \cdot T^* = \delta\,E^{ir*}$ energie necompensată sau căldură neconsumată, prin analogie cu termenul utilizat de către Donder [5] și preluat de F. Grabiel [6].

Produsul dintre energia necompensată δE^{ir*} și durata procesului de transfer al căldurii τ^* este o „acțiune necompensată" :

$$\delta E_1^{ir*}\,\tau_1^* = \delta E_2^{ir*}\tau_2^* = \delta A^{ir} \qquad (19)$$

Cu această terminologie, ecuația (19) exprimă următorul principiu :

Într-un ciclu ireversibil, variația acțiunii necompensate în procesul de preluare a căldurii de la sursa caldă, în timp finit, este egală cu variația acțiunii necompensate în procesul de cedare a căldurii sursei reci, în timp finit, dacă sistemul funcționează astfel încît puterea convertită în lucru mecanic să fie maximă.

Relația (19) este valabilă pentru situația în care avem o conversie maximă de putere. În cazul în care ținem seama de durata finită a adiabatelor, cele două variații de acțiuni necompensate nu sînt egale și, deci, diferența lor este diferită de zero.

Dacă acordăm un semn variației de acțiuni necompensate, astfel încît este pozitivă în procesele de preluare a căldurii și negativă în cazul cedării căldurii de către sistemul de conversie, atunci, în general :

$$\delta E_1^{ir}\,\tau_1 - \delta E_2^{ir}\,\tau_2 \neq 0. \qquad (20)$$

Putem să reformulăm *principiul conversiei optime* în felul următor :

Variația acțiunii necompensate totale într-un proces de conversie este nulă dacă sistemul funcționează la puterea maximă.

Conversia căldurii în lucru mecanic, astfel încît puterea convertită să fie maximă, este guvernată de un principiu în care regăsim, în domeniul proceselor ireversibile, o condiție de extrem pentru variația de acțiune necompensată ce caracterizează variațiile temporale ale stărilor sistemelor de conversie.

Din principiul acțiunii ireversibile minime rezultă, dacă ținem seama de relațiile care dau rapoartele E_1^{ir}/E_2^{ir} sau τ_2^*/τ_1^*, că $T_1/T_2 = \sqrt{T_C/T_R}$. Evident că această relație fixează randamentul conversiei, dar nu fixează poziția temperaturilor. Principiul acțiunii ireversibile minime dă o relație între

cele două temperaturi T_1, T_2 între care funcţionează ciclul de conversie. Funcţionarea la putere maximă implică, însă, o relaţie care se poate deduce imediat :

$$2(T_1 - T_2) = T_C - T_R \qquad (21)$$

Această relaţie apare într-o formă adecvată conceptelor existente în procesul conversiei energiei chimice în energie electrică, în pile electrice. Se ştie că puterea maximă într-un circuit electric închis este obţinută cînd rezistenţa externă este egală cu rezistenţa internă, sau căderea de tensiune externă este jumătate din valoarea forţei electromotoare. Această problemă va face, însă obiectul unei analize separate, în care vom aplica consideraţiile de aici unui gaz de electroni liberi.

5. Exergia, entropia şi acţiunea necompensată

Caracterizarea „ciclurilor reale" de conversie se obişnuieşte să se facă prin mai multe concepte, care însă nu sînt totdeauna corelate între ele. Conceptul care a căpătat întrebuinţare curentă este cel de „energie utilizabilă" sau de „energie disponibilă", care a fost introdus, încă din perioada de formare a termodinamicii, de către W. Thomson, Tait, Maxwell şi de Gouy [7]. Ultimul remarcă, în lucrarea sa (1889), că : „aceste idei ar fi căpătat o extensie mai mare dacă introducerea «entropiei» de către Clausius nu ar fi făcut ca termodinamica să se «dezvolte pe o cale puţin diferită»".

În 1956, Z. Rant [8] a introdus în mod clar conceptul de exergie pentru a caracteriza calitatea unei cantităţi de căldură Q care este disponibilă la temperatura T. Exergia asociată cu căldura Q la temperatura T este egală cu lucrul mecanic care s-ar putea obţine din Q printr-un ciclu Carnot între temperatura T şi temperatura mediului ambiant, care este considerată temperatura sursei reci, T_R :

$$Ex\,[Q,\ T] = Q\left(1 - \frac{T_R}{T}\right) \qquad (22)$$

Prin însăşi definiţia ei, exergia implică procese reversibile. Cu toate acestea, ea este utilizată pentru a compara procese ireversibile, ca transferul de căldură de la o temperatură T_1 la o temperatură $T_2 < T_1$, într-un timp finit.

Pe de altă parte, entropia este utilizată ca o mărime de stare în procese reversibile, dar, în acelaşi timp, ca o caracteristică a ireversibilităţii. Cu o cantitate de căldură Q, preluată de un sistem printr-un proces izoterm reversibil la temperatura T, se asociază o creştere de entropie $S = Q/T$. Sub acest aspect, en tropia S poate fi, şi ea, considerată ca o mă sură a *calităţii energiei termice* preluată la temperatură dată [9] :

$$S[Q,\ T] = Q/T. \qquad (23$$

În diagrama (T, S) din figura 2, se vede va loarea exergiei $Ex(Q, T)$ şi a entropiei $S(Q, T$ pentru aceeaşi cantitate de căldură preluat la temperatura T.

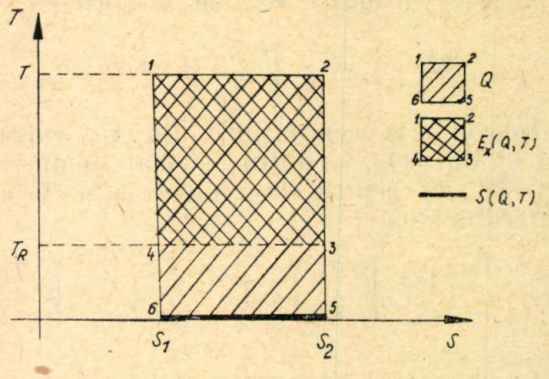


Fig. 2

Între ele avem relaţiile evidente :

$$Ex(Q,\ T) = (T - T_R)\cdot S\,(Q,\ T) \qquad (2$$

care ne arată că este indiferent dacă aprecie calitatea căldurii Q prin $Ex(Q, T)$ sau $S(Q, T$ deoarece diferă doar printr-o constantă ($T - T_R$) şi ambele sînt definite prin procese reve sibile.

Să analizăm modul cum se poate aprecia u proces ireversibil de transfer al căldurii Q_1 la sursa caldă, cu temperatura T_C, la un si tem cu temperatura T_1.

Cu căldura Q_1, la temperatura sursei T_C, asociază o entropie $S_c(Q_1, T_C)$ şi o exerg $Ex(Q_1, T_C) = Q\,(1 - T_R/T_C)$, iar cu căldu Q_1, la temperatura T_1, o entropie $S_1(Q_1, T_1)$ Q_1/T_1 şi o exergie $Ex(Q_1, T_1) = Q_1\,(1 - T_R/T$

În procesul de transfer, vom avea o creşte a entropiei :

$$\delta S_1 = S_1 - S_c = Q_1\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C}\right) \qquad (2$$

şi o variaţie a exergiei :

$$\delta_{Ex}^{(1)} = Ex(Q_1, T_C) - Ex\,(Q_1, T_1) = Q_1\left(1 - \frac{T_R}{T_C}\right)$$

$$- Q_1\left(1 - \frac{T_R}{T_1}\right) = Q_1 T_R\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C}\right) \qquad (2$$

Dacă apreciem transferul de căldură pr „entropia ireversibilă", care este :

$$\delta S_{ir}^{(1)} = -\frac{Q_1}{T_C} + \frac{Q_1}{T_1} = \delta S_1, \qquad (2$$

atunci variația de exergie este:

$$\delta_{Ex}^{(1)} = \delta S_1^{ir}\, T_R \qquad (28)$$

și ea este proporțională cu variația ireversibilă de entropie, căci $T_R = \text{const.}$

În diagrama din figura 2 se observă ușor că suprafața (1) este egală cu suprafața (2):

$$\text{supr. (1)} = S_c\,(T_c - T_1) = \frac{Q_1}{T_c}(T_c - T_1) =$$

$$= T_1 \cdot \delta S_1 = \text{supr. (2)} = T_1 \cdot Q_1\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C}\right) =$$

$$= Q_1\left(1 - \frac{T_1}{T_C}\right) \qquad (29)$$

și egale cu lucrul mecanic ce s-ar produce dacă am utiliza Q_1 într-un ciclu Carnot între temperaturile T_C și T_1.

Să reanalizăm, prin prisma variației de exergie, ciclul cu durata finită între temperaturile T_1 și T_2, în care se preia căldura Q_1 de la sursa caldă (T_C), se cedează căldura Q_2 sursei reci (T_R) și se convertește $Q_1 - Q_2$ în lucru mecanic, printr-un ciclu Carnot.

Variația de exergie va fi, așa cum rezultă din fig. 3:

$$\delta Ex = \delta Ex_1 + \delta E_2 = Ex(Q_1, T_C) - Ex(Q_1, T_1) +$$

$$+ Ex(Q_2, T_2) - Ex\,(Q_2, T_R) =$$

$$= Q_1 T_R\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C}\right) + Q_2\left(1 - \frac{T_R}{T_C}\right) \qquad (30)$$

Deoarece conversia între temperaturile T_1 și T_2 se face cu un ciclu Carnot care se închide, avem: $Q_1/T_1 = Q_2/T_2$ și deci (30) devine:

$$\delta Ex = Q_1\, T_R\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C} + \frac{T_2}{T_1}\left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T_2}\right)\right] \qquad (31)$$

Se observă imediat că:

$$\delta\, Ex = T_R \delta S_1^{ir} + T_R\, \delta S_2^{ir} = T_R\, \delta S^{ir} \qquad (32)$$

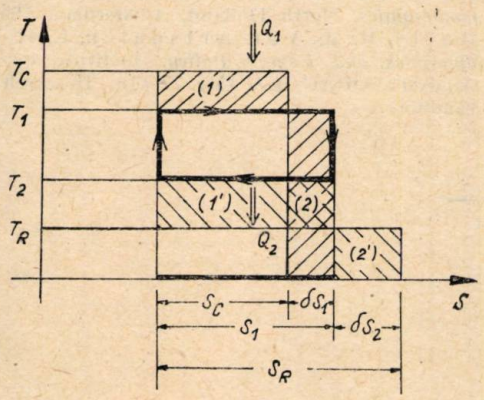


Fig. 3

Variația de exergie se anulează cînd: $T_R/T_1 = T_C/T_2$.

Deoarece $T_1 < T_R$, iar $T_2 > T_C$, egalitatea de mai sus este satisfăcută numai dacă $T_1 = T_R$ și $T_2 = T_C$, deci dacă ciclul este un ciclu reversibil Carnot. Pentru orice ciclu de putere finită, avem o creștere de exergie care, de altfel, este proporțională cu creșterea de entropie. Exergia nu poate fi un criteriu de apreciere a ciclurilor reale de putere finită.

Dacă, pentru a aprecia calitatea conversiei, vom lua în considerare, nu variația de exergie sau de entropie într-un ciclu cu putere finită, deci cu durată finită, ci viteza de creștere a acestora, sîntem obligați să facem uz de teorema lui Prigogine [1], extinsă de S. De Groot [10]: „starea de staționaritate a unui sistem deschis este caracterizată printr-o valoare minimă a vitezei de creștere a entropiei totale, compatibilă cu restricțiile externe sistemului."

Prigogine a aplicat această teoremă în cazul sistemelor deschise, în care au loc reacții chimice și care sînt caracterizate printr-o structură ordonată, a cărei menținere în stare staționară necesită o compensare a producerii de entropie internă printr-un consum de entropie din mediul extern.

Se va arăta, în continuare, că, și în cazul conversiei ciclice a energiei termice (dezordonată) în energie mecanică (ordonată), teorema Prigogine-De Groot își păstrează valabilitatea numai dacă este asociată cu principiul acțiunii necompensate minime.

Se observă că avem o creștere de entropie totală pe ciclu:

$$\delta S^{ir} = Q_1\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_C} + \frac{T_2}{T_1}\left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T_2}\right)\right] \qquad (33)$$

Ținînd seama că durata ciclului este dată de formula (7), vom avea, după cîteva calcule simple, variația de entropie pe durata ciclului, deci viteza de creștere a entropiei:

$$\sigma = \frac{\delta S}{\tau} = K\left(1 - \frac{T_1}{T_C}\right)\left(\frac{T_2}{T_R} - 1\right) \qquad (34)$$

Dacă am admite că sistemul de conversie satisface numai această teoremă și am căuta valorile lui T_1 și T_2 care minimizează $\sigma(T_1, T_2)$, deci pentru care $\partial\sigma/\partial T_1 = \partial\sigma/\partial T_2 = 0$, sîntem conduși la ciclul Carnot $T_1 = T_C$, $T_2 = T_R$ și, deci, la procese reversibile, la echilibru termodinamic. În acest caz, $\sigma = 0$.

În cazul în care vom accepta valabilitatea principiului acțiunii necompensate minime, temperaturile T_1 și T_2 sînt legate prin relația:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{T_C}{T_R}} \qquad (35)$$

Eliminînd T_2 din (34) prin utilizarea lui (35), fluxul de entropie este o funcție doar de T_1. Minimizarea lui $\sigma(T_1)$ permite să găsim, pentru ciclul care satisface teorema Prigogine-De Groot, din relația $\partial\sigma/\partial T_1 = 0$, valoarea temperaturii T_1 și deci, cu ajutorul lui (35), și valoarea lui T_2. Se verifică ușor că se obțin valorile din (12), specifice ciclului de putere maximă.

Putem deci conchide că:

În procesele de conversie ciclică, valabilitatea simultană a principiului acțiunii necompensate minime și a condiției fluxului minim de entropie (Prigogine) este echivalentă, cu condiția ca ciclul să funcționeze la putere maximă.

Dacă analizăm situațiile întîlnite curent în centralele electrice, trebuie să ținem seama că sursa caldă este focarul cazanului ($T_C \approx 2000$ K), iar sursa rece este dată de temperatura apei de răcire ($T_2 \approx 300$ K).

Un ciclu de putere maximă ar trebui să se desfășoare între temperaturile $T_1 = 1390$ K și $T_2 = 550$ K (formulele 12).

În realitate, din dorința de a avea o pierdere de energie mică, se caută ca temperatura T_2 a ciclului să fie cît mai apropiată de T_R, pentru a utiliza cît mai bine energia sursei calde, iar temperatura T_1 cît mai ridicată, la limita permisă de caracteristicile materialelor utilizate.

Dacă luăm $T_2 = T_R$ și considerăm valabil principiul acțiunii necompensate minime (18), atunci temperatura T_2 a ciclului trebuie să fie:

$$T_2 = \sqrt{T_C \cdot T_R} \qquad (36)$$

Luînd $T_R \approx 350$ K și $T_C = 2000$ K, rezultă $T_2 = 837$ K, adică ~ 564°C, care este în jurul temperaturii uzuale a aburului la intrarea în turbină.

Se observă că, în acest caz, principiul acțiunii necompensate minime este satisfăcut, deși nu se funcționează la puterea optimă. Pierderea de putere este compensată de o utilizare mai bună a energiei sursei.

Concluzii

S-a arătat că, în ciclurile reale de conversie este necesar să se introducă durata ciclului care trebuie să fie finită.

Realizarea ciclurilor de conversie cu durată finită satisface un principiu de acțiune necompensată minimă, ceea ce reduce problema proceselor optime preferate de natură, și în domeniul proceselor termodinamice, la condiționări similare cu cele din mecanică, la principiile integrale, de tipul Maupertuis și Hamilton.

De asemenea, s-a arătat că asocierea acestui principiu cu teorema lui Prigogine-De Groot este echivalentă cu funcționarea ciclului de conversie la putere maximă.

Credem că este necesar să se treacă la o analiză a instalațiilor de conversie a energiei termice ținîndu-se seama de principiul acțiuni necompensate minime, și nu numai de minimizarea exergiei sau, ceea ce este același lucru a entropiei.

Principiul acțiunii necompensate minime răspunde unei probleme considerate, pînă în prezent, ca nerezolvată [11].

Bibliografie

[1] Prigogine, I. *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes.* John Wiley, New York, 1962.
[2] Onsager, L. Phys. Rev., *37*, 1931, p. 405.
[3] Carnot, S. *Réflexions sur la puissance du feu et sur les machines propres à développer cette puissance.* Paris 1824.
[4] Clausius, R. *Über die bewegende Kraft der Wärme* (1850), Heraus gegeben von Dr. Max Planck, Leipzig 1898.
[5] Guminski, K. *Termodinamica proceselor ireversibile.* Ed. Acad. R.P.R., București, 1964.
[6] Grabiel, F. *Theory of Energy Transfers and Conversions.* John Wiley, New York — London — Sydney, 1967.
[7] Gauy, J. Journal de Physique, nov. 1889.
[8] Rantz, Z. *Exergie, eine neues Wort für „Technische Arbeitsfächigkeit".* Forsch. Ing. Wes. nr. 22, 1956 p. 36—37, Auszug. in BWK nr. 8, 1956, p. 212. *Exergie Diagramme für Verbrennungsgase.* În: BWK ian. 1960; BWK, iulie 1960 și BWK, nov. 1961.
[9] Chambadal, P. *Évolution et application du concept d'entropie.* Dunod, Paris, 1963.
[10] De Groot, S., Mazur, P. *Non Equilibrium Thermodynamics.* North Holland, Amsterdam, 1963.
[11] Rotty, R. M., Van Artsdalen, E. R. *Thermodynamics and Energy Policy.* Institute for Energy Analysis, ORAU/IEA (M) 77—18, Research Memorandum.

Rezultate preliminare obținute la arderea prafului de lignit cu arzătoare cu impact de jeturi la un cazan energetic de 100 t/h*)

ing. D. Bicleşeanu,
ing. C. Cazacu,
ing. A. Rădulescu,
dr. ing. N. Pănoiu,
dr. ing. L. Mihăescu**)

1. Particularităţile constructiv-funcţionale ale arzătoarelor de praf de combustibil solid cu impact de jeturi

Orientarea actuală spre combustibili energetici inferiori, caracterizaţi printr-un conţinut mare de balast, precum şi printr-o variaţie în domenii largi a calităţii, pune probleme deosebite în construcţia şi reglajul instalaţiilor de ardere propriu-zise.

În vederea reglării temperaturii aburului supraîncălzit s-au construit arzătoare ce pot bascula cu $\pm$ 30°C, acţionînd prin modificarea poziţiei nucleului flăcării în focar.

Datorită variaţiei calităţii combustibilului, cît şi a sarcinii cazanului, apare necesară posibilitatea modificării nucleului chiar şi pentru cazanele care realizează reglajul temperaturii aburului supraîncălzit prin injecţie de apă sau de condensat.

Pentru a evita o construcţie complicată a arzătoarelor basculante s-a propus şi construirea de arzătoare care au jeturile de agent primar — combustibil şi aer secundar — situate simetric faţă de axa mediană, arzătoare de impact numite şi cu flacără plată.

Principiul de lucru se bazează pe folosirea efectului de lovire reciprocă a două sau mai multor jeturi orientate sub un unghi bine ales unul faţă de altul. Între aceste jeturi şi arzător se formează un triunghi fără circulaţie de fluid de lucru.

Turtirea jeturilor după lovire duce la formarea unui jet comun plan, cu o suprafaţă mare. Unghiul de basculare a flăcării se reglează prin schimbarea raportului dintre cantitatea de aer secundar introdus prin fante.

În acelaşi timp, mai buna amestecare a combustibilului cu mediul oxidant, realizată în zona de impact a jeturilor, conduce la o îmbunătăţire a arderii în ansamblu. Se estimează că mai buna organizare a procesului de ardere va conduce la micşorarea consumului de hidrocarburi de aport termic.

Ca urmare a interacţiunii jeturilor, viteza se reduce simţitor în jetul rezultant, astfel încît la ieşirea din fantele arzătorului poate fi utilizată o viteză mare (40—50 m/s), fără pericol de mărire a bătăii jetului rezultant [1], [2].

2. Instalaţia utilizată în cursul experimentărilor

În figura 1 se prezintă arzătorul cu impact de jeturi (cu flacără plată) ce echipează cazanul nr. 2 de 100 t/h de la CTE Doiceşti.

În figura 2 se prezintă caracteristicile focarului cazanului de 100 t/h. Acest focar este echipat cu patru arzătoare cu impact de jeturi amplasate pe colţurile sale, la cota 11500, astfel încît ele bat tangenţial un cerc teoretic interior cu raza de $0{,}1 \times l$ (l fiind latura focarului).

Fiecare arzător este alimentat de cîte o moară cu ciocane de 10—13 t/h, amplasată într-o schemă de preparare a prafului de combustibil solid cu insuflare directă. Uscarea combustibilului se realizează numai cu aer cald.

În schiţa focarului cazanului de 100 t/h (fig. 2) se precizează poziţia arzătoarelor de combustibil solid şi a ecranării pereţilor.

În cursul experimentărilor s-au prelevat probe de lignit la intrarea în moară pentru a se determina puterea calorică inferioară, s-a măsurat fineţea de măcinare la ieşirea din moară, nearsele mecanice la finele focarului şi la evacuarea zgurii şi analiza gazelor de ardere la finele focarului.

Praful de combustibil la ieşirea din moară s-a captat cu o sondă izocinetică, iar analiza gazelor de ardere s-a făcut cu ajutorul unor analizoare chimice cu absorbţie de gaze.

Debitul de cărbune intrat în fiecare moară s-a măsurat prin urmărirea cantităţii transportate de banda cu racleţi de alimentare a morilor de la buncărele de cărbune concasat.

Cîmpul de temperatură din focar a fost măsurat continuu, cu ajutorul a patru termocuple cu aspiraţie de gaze, legate la un aparat înregistrator, termocuplele fiind montate în lungul focarului, între cotele 13000 şi 22400.

---

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România. Braşov, 3—5 decembrie 1981.

**) Ing. Dumitru Bîcleşeanu, ing. Constantin Cazacu şi ing. Alexandru Rădulescu sînt cercetători ştiinţifici la ICSITEEMR; conf. dr. ing. Nicolae Pănoiu şi şef de lucrări dr. ing. Lucian Mihăescu sînt cadre didactice la Catedra de cazane şi turbine de la Institutul politehnic Bucureşti.

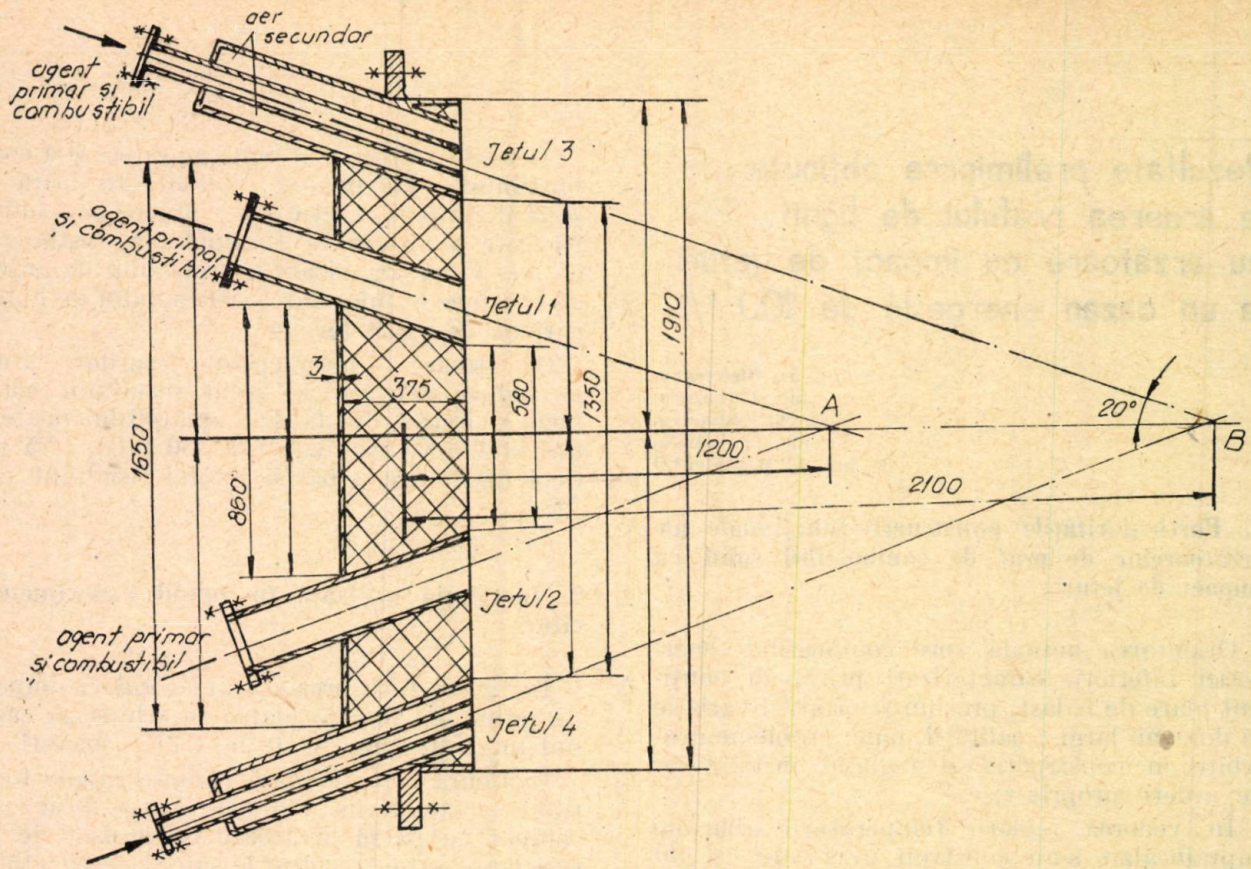


Fig. 1. Elementele constructive ale arzătorului cu impact de jeturi ce echipează un cazan de 100 t/h la CTE Doicești.

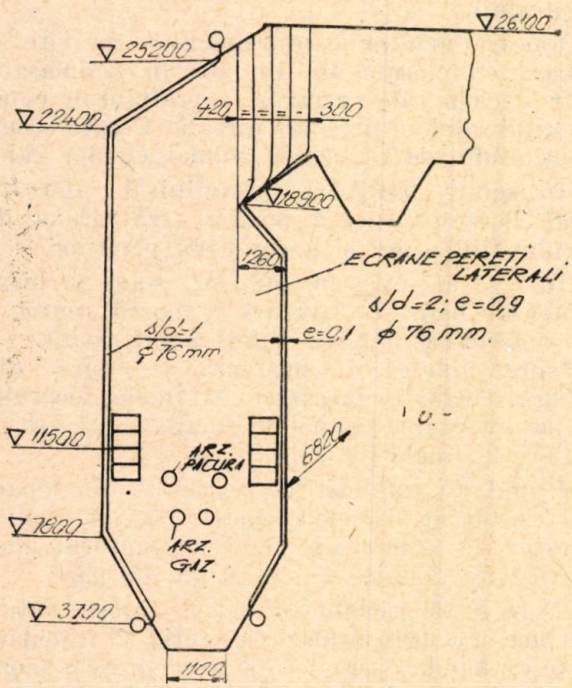


Fig. 2. Focarul cazanului de 100 t/h de la CTE Doicești, echipat cu arzătoare cu impact de jeturi (flacără plată).

Un alt obiectiv urmărit a fost fracțiunea din materialul solid ce cade în pîlnia focarului la utilizarea acestor tipuri noi de arzătoare, precum și modificarea acesteia la reglajele d basculare a flăcării. În acest scop a fost cap tată zgură pe o suprafață din pîlnia focarulu de 0,16 m², pe parcursul unor intervale d timp de cîte 20 min.

3. Rezultatele probelor preliminare

Experimentările au cuprins trei probe, co form datelor din tabelul 1. Două serii de înce cări au vizat posibilități de funcționare fă combustibil auxiliar de aport termic (păcură

Calculele s-au făcut conform instrucțiun lor C 10—75, notațiile folosite în continua fiind conform acestor instrucțiuni.

Proba I

Puterea calorică a amestecului lignit-păcură a fost :

$$Q_{i,\,am} = (1 - g)\cdot 1660 + g\cdot 9600 = 1793{,}79 \text{ [kcal/kg]},$$

unde g este participația în unități de greutate a păcurii [g $=0{,}45/(26{,}69+0{,}45)=0{,}0169$]. În procente calorice, păcu a avut o participație $q = 8{,}88\,\%$.

Procentul de material combustibil în zgura și cenușa a trenată a fost :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= C^{zg} = 12{,}25\,\% \\ i_2 &= C^{an} = 0{,}50\,\% \end{aligned}\right\}$$

Acest grad de ardere a fost realizat cu o finețe a prafu de lignit caracterizată prin $R_{90} = 38-62{,}4\,\%$, valoare me de $R_{90} \simeq 45\,\%$.

Tabelul 1

Proba	Debit lignit, t/h	Putere calorică lignit, Q_i^i, kcal/kg	Debit păcură, t/h	Poziția flăcării față de axa de simetrie a arzătorului
I	26,69	1660	0,45	3 mori cu arzătorul cu bătaie 1/2 din cea maximă spre pilnie
II	26,50	1715	0,00	4 mori cu arzătorul cu bătaie 1/2 din cea maximă spre pilnie
III	26,33	1715	0,00	4 mori cu arzătoarele cu bătaie maximă spre pilnie

Debitul de zgură evacuat prin pilnia cazanului a fost : $D_1 = 431{,}06$ kg zgură/h. Acestui debit îi corespunde următoarea fracțiune din materialul mineral separată în pilnia focarului :

$$a_{zg} = \frac{D_1}{B \times A^t} = \frac{431{,}06}{26{,}69 \times 10^3 \times 0{,}385} = 0{,}042 \qquad (3)$$

Rezultă că o foarte mică parte din cenușă este separată în pilnia focarului, efect pozitiv, deoarece aceasta conține de regulă un procent ridicat de material combustibil nears, astfel că din acest punct de vedere arzătorul a dat rezultate foarte bune.

Cantitatea de material mineral antrenat spre coș a fost :

$$D_2 = 0{,}958 \times 0{,}385 \times 26690 = 9844{,}07 \ \text{[kg/h]} \qquad (4)$$

Raportat la 1 kg de lignit, căldura materialului neârs a fost :

$$P_1 \simeq (431{,}06 \times 0{,}1225 + 9844{,}07 \times 0{,}005)\frac{7000}{26690} = 26{,}75 \ \text{[kcal/kg]} \qquad (5)$$

de unde rezultă pierderea de căldură prin nearse din punct de vedere mecanic :

$$q_m = \frac{P_1 \times 100}{Q_{i,am}} = \frac{26{,}75}{1793{,}79} \times 100 = 1{,}49 \ [\%] \qquad (6)$$

Pentru analiza gazelor de ardere caracterizată prin $a_2 = CO = 0{,}5\%$; $a_1 = CO_2 = 7{,}6\%$, $O_2 = 12\%$, a rezultat următoarea pierdere de căldură prin nearse din punct de vedere chimic :

$$P_2 = 1{,}8535\frac{(19{,}68 - 0{,}98)}{100} \times \frac{3020 \times 0{,}5}{7{,}6 + 0{,}5} = 64{,}61 \ \text{kcal/kg} \qquad (7)$$

$$q_{ch} = \frac{P_2 \times 100}{Q_{i,am}} = \frac{64{,}61 \times 100}{1793{,}79} = 3{,}6 \ [\%] \qquad (8)$$

iar excesul de aer α a fost :

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2 + 0{,}5\,CO} = \frac{21}{21 - 12 + 0{,}25} = 2{,}4 \qquad (9)$$

Pentru temperatura gazelor de ardere la evacuare $t_{12} = 150°C$, din tabelele instrucțiunilor C 10—75 au rezultat : $r_2 = 46{,}95$, $r_1 = 6{,}26$, $r_2' = 63$, $r_1' = 8{,}04$, de unde pierderea de căldură prin entalpia gazelor de ardere la evacuare a fost :

$$P_3 = 1{,}8535 \times \frac{19{,}68 - 0{,}98}{100}(46{,}95 - 6{,}26)\frac{100 - 7{,}6}{7{,}6 + 0{,}5} + (6{,}3 - 8{,}04)\frac{7{,}6}{7{,}6 + 0{,}5} = 179,187 \ \text{[kcal/kg]} \qquad (10)$$

$$q_{ev} = \frac{P_3 \times 100}{Q_{i,am}} = \frac{179{,}187}{1793{,}79} \times 100 = 10 \ [\%] \qquad (11)$$

Cu aceste mărimi determinate, randamentul cazanului a rezultat :

$$\eta = 100 - (1{,}49 + 3{,}6 + 10 + 1) = 83{,}9 \ [\%] \qquad (12)$$

Analizînd rezultatele obținute, a rezultat o bună desfășurare a procesului de ardere fizic (mecanic), deficiențele legate de excesul de aer la evacuare foarte mare (de unde și pierderi de căldură prin nearse din punct de vedere chimic și prin entalpia gazelor de ardere la evacuare mari), datorîndu-se infiltrațiilor de aer fals în drumul II al cazanului și la filtrele mecanice de cenușă. Pentru viitoarele experimentări, se lucrează la o revizie generală a cazanului, în vederea remedierii acestor aspecte nedorite.

Probele II și III

La aceste probe au rezultat (notațiile fiind aceleași de la proba I) :

$$\left.\begin{aligned} i_{1II} &= 7{,}80\% ; \quad i_{1III} = 8{,}60\% \\ i_{2II} &= 0{,}50\% ; \quad i_{2III} = 0{,}40\% \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Finețea de măcinare a fost foarte apropiată de cea realizată la proba I, astfel că $R_{90\,med} \simeq 45\%$.

$$D_{1II} = 802{,}56 \ \text{[kg zgură/h]} ; \quad D_{1III} = 2506{,}95 \ \text{[kg zgură/h]} \qquad (14)$$

$$a_{zg\,II} = 0{,}078 ; \quad a_{zg\,III} = 0{,}255 \qquad (15)$$

$$D_{2II} = 9406{,}7 \ \text{[kg/h]} ; \quad D_{2III} = 7297{,}1 \ \text{[kg/h]} \qquad (16)$$

$$q_{mII} = 1{,}69\% ; \quad q_{mIII} = 3{,}8\% \qquad (17)$$

Excesul de aer a fost :

$$\alpha_{II} = 2{,}84 ; \quad \alpha_{III} = 2{,}85 \qquad (18)$$

$$q_{chII} = 4{,}5\% ; \quad q_{chIII} = 2{,}33\ \% \qquad (19)$$

Temperatura gazelor de ardere la evacuare :

$$t_{12II} = 155°C ; \ t_{12III} = 160°C, \text{ de unde} \qquad (20)$$

$$q_{evII} = 13{,}08\% ; \ q_{evIII} = 10{,}9\%$$

$$\eta_{II} = 100 - (1{,}69 + 13{,}08 + 4{,}5 + 1) = 79{,}73\% \qquad (21)$$

$$\eta_{III} = 100 - (3{,}8 + 2{,}33 + 10{,}9 + 1) = 81{,}97\%$$

Și în acest caz, cu toate că nu s-a mai folosit combustibil auxiliar (păcură), se remarcă o valoare acceptabilă pentru pierderile de căldură prin nearse din punct de vedere mecanic (q_m), scăderea randamentului datorîndu-se de asemenea pătrunderii masive de aer fals.

La bascularea în jos a flăcării, procentul de material mineral separat spre pilnia cazanului a crescut simțitor, de la $a_{zg\,I} = 0{,}042$ și $a_{zg\,II} = 0{,}078$, la $a_{zgIII} = 0{,}255$. Această valoare, cu toate că este destul de ridicată (uzual la lignit $a_{zg} = 0{,}10—0{,}15$), datorită arderii bune (procentul de material combustibil în zgură fiind $i_{2III} = 0{,}4\%$), pierderea de căldură prin nearse mecanice în zgură a fost destul de scăzută.

Valorile obținute la aceste probe au fost limită din punctul de vedere al stabilității flăcării, orice altă modificare ducînd spre stingere, debitul cazanului scăzînd sub 60 t/h. Încărcarea termică a volumului focarului pentru această situație-limită de funcționare (fără păcură) a fost $q_{v_{III}} = 59160$ kcal/m³·h, valoare foarte scăzută, stingerea flăcării sub această valoare fiind astfel explicabilă. La probele I și II, încărcarea termică a focarului a fost de circa 64000 kcal/m³·h.

4. Situația funcționării cazanului pe parcursul a două luni de exploatare curentă

Înainte de a fi oprit pentru modernizări și reparații, necesare noilor experimentări, cazanul a funcționat 8 luni în regim de exploatare, din care s-au ales două luni (ianuarie și august) de prezentare a funcționării (tabelul 2).

Tabelul 2

Luna	Ziua	Debit mediu cazan, t/h	Nr. mori în funcțiune	Consum gaz, m³/h N	C^{an}, %	C^{zg}, %	Q_i^i, kcal/kg
Ianuarie	25	72—78	3	1200	1,0	2,9	1905
	26	70—82	3	—*)	0,9	2,8	1970
	27	80	3	—	1,0	2,8	2020
	28	74—82	3	—	0,9	3,8	1740
	29	76—84	3	—	2,1	2,8	1854
	30	78—86	3	—	0,6	1,8	2070
	31	90	3	—	—	—	1930
August	1	66—80	2—3	—	—	—	—
	2	58—76	2—3	1500—1900	—	—	1865
	3	62—80	2—3	—	1,3	4,0	1820
	4	—	—	—	1,1	2,9	1860
	5	—	—	—	1,5	2,8	1575
	10	—	—	—	1,0	2,1	1935
	11	—	—	—	1,3	1,5	1805
	12	—	—	—	1,2	2,6	1960
	13	60—82	3	1600—2000	1,6	2,4	1910
	14	51—78	2—3	1600—2000	0,6	2,6	1865
	15	—	—	—	—	—	1940
	16	55—82	2—3	1700—2100	0,6	2,6	1940
	17	52—64	2	1700—2100	0,5	1,5	1940
	18	55—84	2—3	2100—2300	1,4	0	1885
	19	62—86	3	1600—2400	0,5	1,3	1890
	20	60—74	3	1700—1800	1,2	1,4	1970
	21	62—78	3	1600—1900	0,5	1,3	1970

*) unde s-a trecut bară (—) se va citi „lipsă punct de măsură".

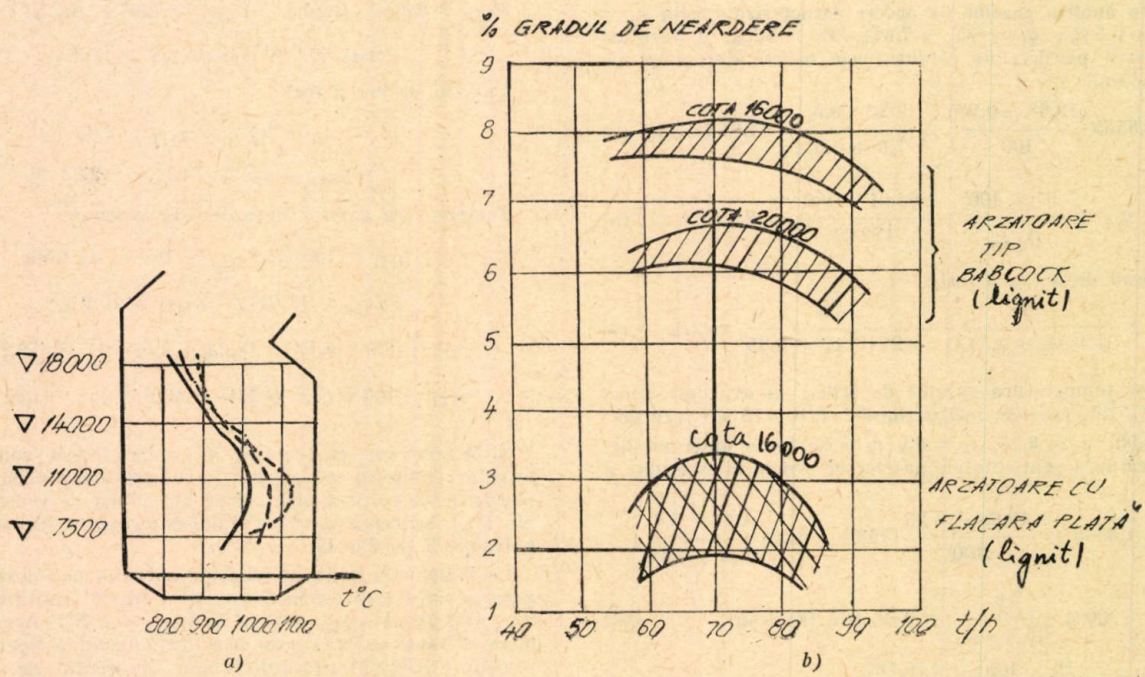


Fig. 3. Evoluția temperaturii și a nearselor din punct de vedere mecanic la cazanul de 100 t/h de la CTE Doicești.
——— șist bituminos, arzătoare cu fante; — — — lignit de Șotînga; arzătoare cu fante; — · — · — lignit; arzătoare cu impact de jeturi (cu flacără plată).

Rezultatele obținute au fost corespunzătoare, performanțele cazanului constînd în pierderile reduse de căldură prin ardere incompletă din punct de vedere mecanic, așa cum arată valorile procentelor de material combustibil din cenușa antrenată și din zgură (C^{an} și C^{zg}). Finețea medie de măcinare a prafului de combustibil solid a fost caracterizată printr-un rest pe sita cu ochiul de 76 mm cuprins în limitele $R_{76} = 64{,}8-70{,}2\%$.

Debitul cazanului a fost redus ($D < 86$ t/h față de cel nominal, $D_n = 100$ t/h), ca urmare a neetanșeităților pe drumul convectiv al cazanului și al filtrelor mecanice de reținere a cenușii, elemente la care se lucrează pentru ridicarea performanțelor cazanului.

În funcție de calitatea combustibilului, flacăra a fost reglată la o anumită poziție în focar, ca efect remarcîndu-se reducerea simțitoare a debitului de injecție de condensat pentru reglarea temperaturii aburului supraîncălzit.

Concluzii

Arzătoarele cu flacără plată au dus la un maximum de temperatură situat mai jos în focar pentru un debit simetric pe fantele arzătorului, așa cum se arată în figura 3. Acest lucru conduce la o mai bună umplere cu flacără a focarului și la îmbunătățirea arderii în ansamblu.

— Arderea s-a desfășurat în condiții bune, pierderile de căldură datorită arderii incomplete din punct de vedere mecanic fiind mai reduse decît la arzătorul cu fante de tip Babcock, așa cum arată graficul din figura 3 *b*.

— Este necesară continuarea experiențelor după aducerea cazanului în situația de a funcționa la debitul nominal, deoarece în acest caz va crește încărcarea termică a volumului focarului, putîndu-se studia mai bine posibilitatea de reducere a debitului de combustibil auxiliar de aport termic.

O analiză completă a acestor tipuri de arzătoare nu se va putea face însă decît atunci cînd se va construi un cazan proiectat de la început cu astfel de arzătoare. Astfel, morile cu ciocane cu care este echipat cazanul experimental de la CTE Doicești nu sînt cele mai indicate pentru tratarea arzătoarelor cu impact de jeturi, deoarece sînt mori cu suprapresiune, la care încărcarea se face în funcție de cantitatea de aer primar introdus în ele, fenomen cu reflexie negativă asupra debitului de aer secundar ce ajunge la arzător, cu coborîrea corespunzătoare a capacității de basculare a flăcării în final. Amplasarea arzătoarelor într-o poziție impusă de locul și mărimea vechilor arzătoare a impus de asemenea multe dintre soluțiile geometrice adoptate și din cîmpul de viteze, lucru ce ar putea fi evitat la construcția unui cazan nou.

În final, se poate spune că ansamblul de date obținute la utilizarea acestor noi arzătoare sînt optimiste și, dacă viitoarele experimentări vor confirma aceste aspecte legate de o ardere bună, cu consumuri mai mici de combustibili, se va putea trece la echiparea cazanelor mici și mijlocii de abur (inclusiv CAF) cu astfel de arzătoare.

Bibliografie

[1] Mihăescu, L. *Contribuții asupra influenței parametrilor constructivi și funcționali ai arzătoarelor de combustibil solid pulverizat asupra arderii în focarele cazanelor de abur*. Teză de doctorat. I.P.B., 1980.

[2] * * * Contract I.P.B. (Catedra cazane și turbine) cu ICSITEEMR, nr. 44, 1978.

Influența aburului de pulverizare a păcurii asupra recuperării căldurii gazelor de ardere evacuate din cuptoare

Dr. ing. V. V. Ghia*)

1. Generalități

Pulverizarea păcurii inferioare cu abur se folosește în numeroase cazuri la cuptoarele industriale, în special datorită [1]:

— caracteristicilor de pulverizare foarte bune care se obțin;

— exploatării mai comode a arzătoarelor;

— costului mai redus al aburului de pulverizare comparativ cu aerul comprimat, care dă caracteristici de pulverizare similare.

Avantajul care se obține la instalațiile de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate se referă la posibilitatea intensificării transmisiei căldurii prin radiație și convecție de la gazele de ardere la peretele recuperatorului.

Pulverizarea păcurii cu abur, comparativ cu pulverizarea păcurii cu aer comprimat, conduce la o serie de dezavantaje, dintre care cele legate de instalațiile de recuperare sînt în special:

— creșterea punctului de rouă al gazelor de ardere, ceea ce mărește limita inferioară a temperaturii de evacuare, astfel încît să nu apară coroziunea suprafețelor metalice;

— creșterea căldurii evacuate la coș odată cu gazele de ardere, ceea ce micșorează randamentul agregatului tehnologic.

În cele ce urmează se va clarifica, pe baza stabilirii unor relații teoretice și prin calcule, amploarea efectelor pulverizării cu abur com-

*) Dr. ing. Victor V. Ghia este cercetător științific principal I la ICSITEEMR.

parativ cu pulverizarea păcurii cu aer comprimat la recuperatoarele cu care sînt dotate cuptoarele.

2. Debitul gazelor de ardere evacuate din cuptor

Mărimile ce caracterizează arderea păcurii pulverizate cu aer comprimat vor fi notate cu indicele 1, iar mărimile ce caracterizează arderea păcurii pulverizate cu abur vor fi notate cu indicele 2.

Raportul dintre debitele gazelor de ardere D_e evacuate din cuptor rezultă din relația:

$$\Psi = \frac{D_{e1}}{D_{e2}} = \frac{B_1 [V_{g0} + (n_{e1} - 1) L_0]}{B_2 [V_{g0} + (n_{e2} - 1) L_0 + p]} \quad (1)$$

unde:

B este consumul orar de combustibil al cuptorului, în kg/h;

V_{g0} — cantitatea teoretică de gaze rezultate din ardere, în kg/kg;

L_0 — cantitatea teoretică de aer pentru ardere, în kg/kg;

p — consumul specific de abur pentru pulverizare, în kg abur/kg păcură;

n_e — coeficientul excesului de aer la evacuarea din cuptor.

Dacă se admite că $B_1 = B_2$ și $n_{e1} = n_{e2}$ din relația (1), rezultă că $\Psi < 1$, deoarece $p > 1$, astfel că debitul gazelor de ardere care trec prin recuperator se mărește la pulverizarea păcurii cu abur.

De aceea atunci cînd se folosește același recuperator de căldură, la pulverizarea păcurii cu abur comparativ cu pulverizarea păcurii cu aer comprimat, din cauza creșterii debitului D_e se obține:

— intensificarea transmiterii căldurii prin convecție;

— creșterea pierderilor de presiune pe traseul gazelor de ardere, ceea ce mărește consumul de energie pentru vehicularea acestora.

În cazul arderii unei păcuri avînd compoziția dată de C = 87%, H = 11,4%, S = 0,5% și O = 1,1%, s-au trasat în figura 1 curbele $\Psi = f(p)$ pentru $n_{e1} = n_{e2} = n_e$, unde $n_e = 1{,}25$, $n_e = 1{,}4$ și $n_e = 1{,}55$.

Se poate remarca că pentru:

— n_e avînd valoare constantă, raportul Ψ scade practic liniar prin creșterea consumului specific p;

— p constant, raportul Ψ va crește odată cu mărirea coeficientului n_e.

La $n_e = 1{,}25$ și $p = 2$ corespunde cea mai mare diferență dintre debitele gazelor de ardere, astfel că $D_{e1} = 0{,}8286\ D_{e2}$.

Dacă se folosește același recuperator la pulverizarea cu aer comprimat și cu abur, într-o primă aproximație se poate considera că raportul între pierderile de presiune pe traseul gazelor de ardere este:

$$\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \cong \left(\frac{D_{e2}}{D_{e1}}\right)^2 \quad (2)$$

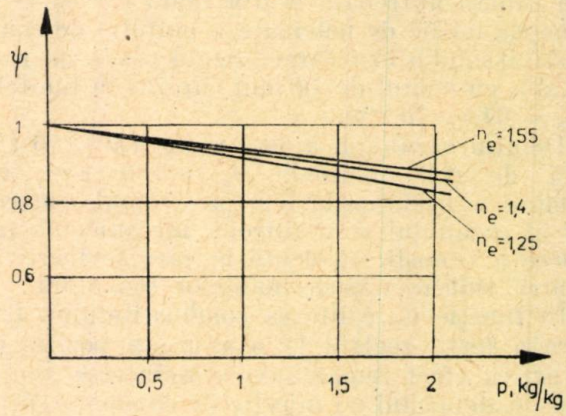


Fig. 1. Dependența raportului Ψ de p, pentru $n_e = 1{,}25$; 1,4 și 1,55.

În cazul considerat anterior pentru $\Psi = 0{,}8286$ rezultă $\Delta h_2 = 1{,}45\ \Delta h_1$, ceea ce arată o creștere importantă a pierderilor de presiune pe traseul gazelor de ardere, necesitînd creșterea tirajului cuptorului.

3. Transferul de căldură în recuperator

În general, intensitatea schimbului de căldură în recuperator este caracterizată prin valoarea coeficientului global H de transmitere a căldurii.

Pentru recuperatoarele la care se poate neglija rezistența termică a peretelui, în figura 2 se prezintă variația coeficientului H în funcție

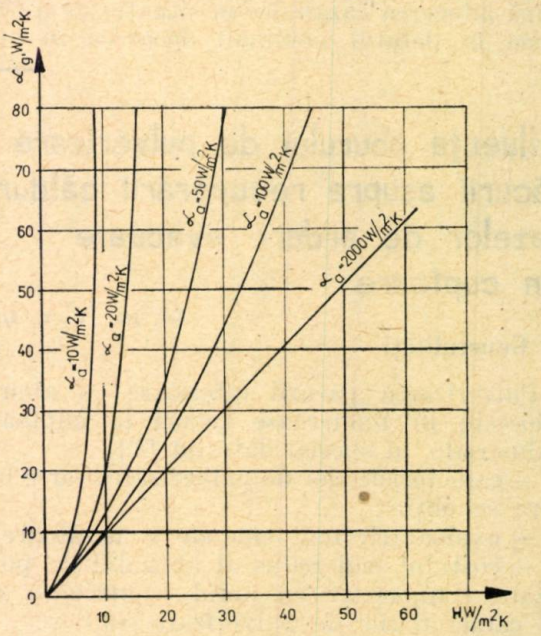


Fig. 2. Variația coeficientului global H funcție de coeficientul α_g pentru diferite valori ale coeficientului α_a.

de coeficientul de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la perete α_g, pentru diferite valori ale coeficientului de transmitere a căldurii de la peretele recuperatorului la aer α_a.

Rezultă astfel că variația coeficientului α_g, care poate apărea datorită pulverizării păcurii cu abur, influențează cu atît mai mult coeficientul H, cu cît coeficientul α_g are o valoare mai mică, iar coeficientul α_a are o valoare mai mare. La valori $\alpha_a > 2000$ kcal/m²K pentru aceeași creștere a coeficientului α_g corespunde practic aceeași creștere a coeficientului H.

Valori mici pentru coeficientul α_g se întîlnesc în special la recuperatoarele metalice convective care funcționează cu tiraj natural. Valori mult mai mari pentru α_a comparativ cu α_g se obțin la schimbătoarele de căldură folosite la recuperarea secundară a căldurii care produc apă caldă sau abur.

La recuperatoarele ceramice, la care coeficientul α_a are o valoare relativ mică comparativ cu α_g, influența variației coeficientului α_g asupra coeficientului H este redusă. Se poate admite că:

$$\alpha_g = \alpha_{gc} + \alpha_{gr}, \tag{3}$$

unde α_{gc} este coeficientul de transmitere a căldurii prin convecție de la gazele de ardere la peretele recuperatorului, iar α_{gr} reprezintă coeficientul de transmitere a căldurii prin radiație de la gazele de ardere la peretele recuperatorului.

Ținînd seama de (3), se va studia influența consumului specific de abur pentru pulverizare p asupra fiecăruia din coeficienții α_{gc} și α_{gr}.

Pentru compararea rapidă a rezultatelor, se va lucra cu valori raportate, luîndu-se ca referință cazul pulverizării păcurii cu aer comprimat. Ne vom referi mai întîi la două construcții de recuperatoare.

Astfel, pentru recuperatorul construit din țuburi netede prin care circulă gazele de ardere în curgere turbulentă, dependența dintre schimbul de căldură prin convecție pentru cazurile $p = 0$ și $p > 0$ se obține din relația:

$$\frac{\mathrm{Nu}_{f1}}{\mathrm{Nu}_{f2}} = \left(\frac{\mathrm{Re}_{f1}}{\mathrm{Re}_{f2}}\right)^{0,8} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}}{\mathrm{Pr}_{f2}}\right)^{0,4} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}\mathrm{Pr}_{p2}}{\mathrm{Pr}_{f2}\mathrm{Pr}_{p1}}\right)^{0,25}, \tag{4}$$

unde Nu_f, Re_f, Pr_f sînt criteriile de similitudine Nusselt, Reynolds și Prandt, la temperatura gazelor de ardere, iar Pr_p este criteriul de similitudine Prandt la temperatura peretelui.

Ținînd seama de expresiile criteriilor Nu, Re și Pr și neglijînd influența parametrilor neesențiali [2], se deduce că:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^{0,8} A_a, \tag{5}$$

unde

$$A_a = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,6} \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^{0,4} \left(\frac{c_{p1}\gamma_1}{c_{p2}\gamma_2}\right)^{0,4} \tag{6}$$

Mărimile w, λ, ν, c_p și γ sînt caracteristicile gazelor de ardere: viteza de scurgere, conductibilitatea termică, viscozitatea cinematică, căldura specifică medie la presiune constantă și greutatea specifică.

Ținînd seama de (1), se poate scrie:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{B_1\,[V_{g0} + (n_{e1} - 1)\,L_0]}{B_2\,[V_{g0} + (n_{e2} - 1)\,L_0 + p]} \tag{7}$$

Ținînd seama de (7), relația (5) devine:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0,8} A_b \tag{8}$$

unde

$$A_b = \left[\frac{V_{g0} + (n_{e1} - 1)\,L_0}{V_{g0} + (n_{e2} - 1)\,L_0 + p}\right]^{0,8} A_a \tag{9}$$

Din relația (8) rezultă că $\alpha_{gc1} = A_b \alpha_{gc2}$ dacă $B_1 = B_2$, adică atunci cînd prin trecerea de la pulverizarea cu aer la pulverizarea cu abur nu se schimbă consumul orar de combustibil.

La obținerea aceleiași productivități a cuptorului de încălzire, în general această condiție nu poate fi îndeplinită, deoarece $B_1 < B_2$ ca urmare a răcirii focarului prin aburul de pulverizare.

Atunci cînd curgerea gazelor de ardere prin țevi se desfășoară în regim laminar, se poate deduce că:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0,33} A'_b, \tag{10}$$

unde

$$A'_b = \left[\frac{V_{g0} + (n_{e1} - 1)\,L_0}{V_{g0} + (n_{e2} - 1)\,L_0 + p}\right]^{0,33} A'_a, \tag{11}$$

iar

$$A'_a = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,57} \left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{0,1} \left(\frac{c_{p1}\gamma_1}{c_{p2}\gamma_2}\right)^{0,43} \tag{12}$$

Dacă recuperatorul este construit din țevi dispuse în eșichier, scăldate transversal de gazele de ardere ce se scurg în regim turbulent, de asemenea se poate deduce:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0,6} A''_b, \tag{13}$$

unde

$$A''_b = A''_a \left[\frac{V_{g0} + (n_{e1} - 1)\,L_0}{V_{g0} + (n_{e2} - 1)\,L_0 + p}\right]^{0,6} \tag{14}$$

iar

$$A_a'' = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,67} \left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{0,27} \left(\frac{c_{p1}\gamma_1}{c_{p2}\gamma_2}\right)^{0,33} \qquad (15)$$

Remarcăm faptul că A_a, A_a', A_a'' sînt mărimi care ţin seama numai de caracteristicile fizice ale gazelor rezultate din arderea păcurii, în timp ce mărimile A_b, A_b', A_b'' introduc în plus influenţa nemijlocită a caracteristicilor combustibilului ars şi a sistemului de pulverizare.

În figura 3 se prezintă variaţia mărimilor A_a, A_a', A_a'' în funcţie de temperatura medie a gazelor de ardere t_{gm} pe porţiunea de recuperator considerată, pentru $p = 1$ kg/kg şi $p = 2$ kg/kg atunci cînd $n_{e1} = n_{e2} = 1{,}25$.

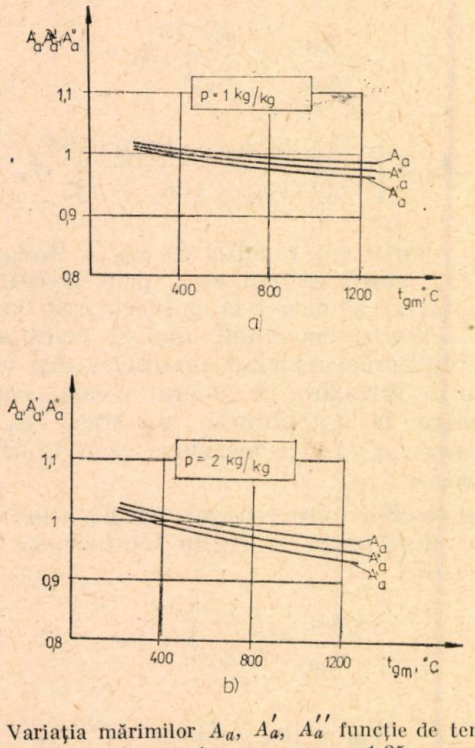


Fig. 3. Variaţia mărimilor A_a, A_a', A_a'' funcţie de temperatura t_{gm} pentru $n_{e1} = n_{e2} = 1{,}25$.

Se remarcă faptul că mărimile A_a, A_a', A_a'' se micşorează relativ puţin odată cu scăderea temperaturii t_{gm}, şi această scădere este cu atît mai accentuată cu cît p are o valoare mai mare.

Valoarea cea mai mică ce se obţine pentru $p=2$ şi $t_{gm}=1200$°C este $A_a' = 0{,}965$, referindu-ne la cazul curgerii laminare prin ţevi.

Rezultă astfel că diferenţele date asupra coeficientului de transmitere a căldurii prin convecţie de schimbarea compoziţiei gazelor de ardere datorită prezenţei aburului de pulverizare sînt relativ mici.

Din graficele prezentate în figura 4 rezultă o scădere mult mai accentuată a mărimilor A_b, A_b', A_b'' odată cu mărirea temperaturii t_{gm} şi a parametrului p.

Valoarea cea mai mică $A_b = 0{,}85$ se obţine la $t_{gm} = 1200$°C şi $p = 2$, în cazul curgerii turbulente a gazelor de ardere prin ţevi.

Trecerea de la regimul turbulent la regimul laminar, în aceleaşi condiţii ca anterior, dă pentru $A_b' = 0{,}89$.

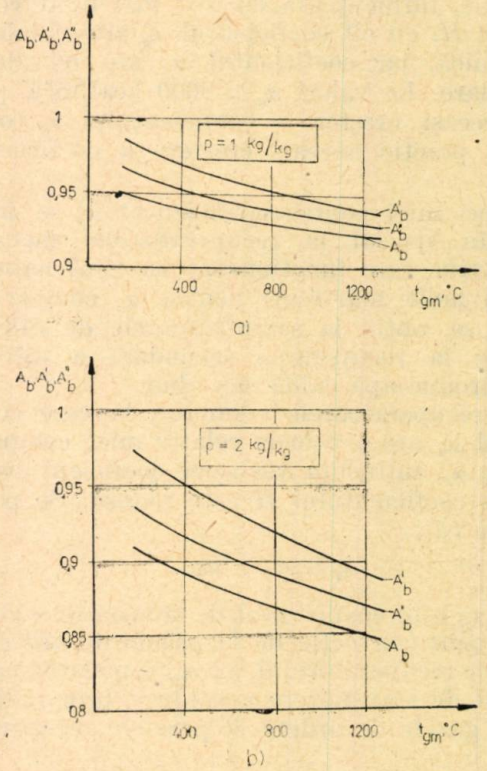


Fig. 4. Variaţia mărimilor A_b, A_b', A_b'' funcţie de temperatura t_{gm} pentru $n_{e1} = n_{e2} = 1{,}25$.

Întrucît A_b, A_b', A_b'' au valori subunitare, rezultă că folosirea pulverizării cu abur a păcurii poate conduce la intensificarea transmiterii căldurii prin convecţie în recuperator, comparativ cu pulverizarea datorită aerului.

Această intensificare, în ipoteza $B_1 = B_2$ pentru cazurile studiate, poate determina creşterea coeficientului α_{gc2}, comparativ cu α_{gc1}, cu pînă la 15%.

Considerînd invariabil coeficientul de emisie al peretelui recuperatorului, raportul dintre coeficienţii de transmitere a căldurii prin radiaţie este dat de relaţia:

$$\frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr2}} = \frac{(T_g - T_{p2})(\varepsilon_{g1}T_g^4 - a_{g1}T_{p1}^4)}{(T_g - T_{p1})(\varepsilon_{g2}T_g^4 - a_{g2}T_{p2}^4)} \qquad (16$$

în care

T_g este temperatura gazelor de ardere, K
T_p — temperatura peretelui recuperatorului, K;
ε_g — coeficientul de negreală al gazelor de ardere, ţinînd seama numai de radiaţia gazelor triatomice;
a_g — factorul de absorbţie al gazelor de ardere.

Dacă temperatura peretelui este mult mai nică decît temperatura gazelor de ardere, con-iderînd $T_{p1} = T_{p2}$, se poate deduce că:

$$\frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr2}} \cong \frac{\varepsilon_{g1}}{\varepsilon_{g2}} \tag{17}$$

Atunci cînd diferența dintre temperaturile T_g și T_p este mică, de exemplu în cazul recu-peratoarelor ceramice, rezultă:

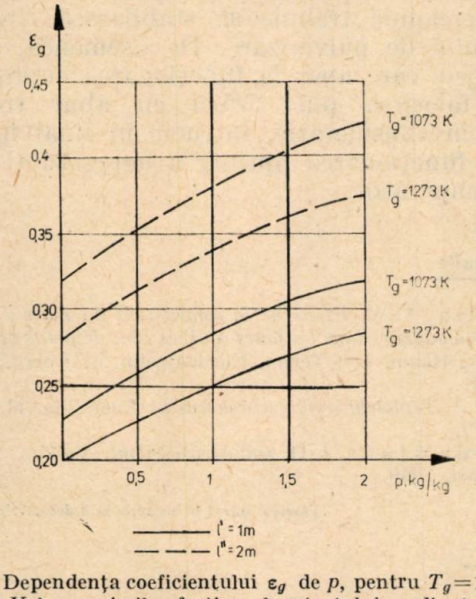
$$\frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr2}} = \frac{\varepsilon_{g2} + \varepsilon_{p2} - \varepsilon_{g2}\varepsilon_{p2}}{\varepsilon_{g1} + \varepsilon_{p1} - \varepsilon_{g1}\varepsilon_{p1}}, \tag{18}$$

nde ε_p este coeficientul de negreală al pere-elui recuperatorului.

Deoarece se poate admite că $\varepsilon_{p1} \cong \varepsilon_{p2}$, din 18) rezultă că ε_g determină raportul între coefi-ienții de transmitere a căldurii prin radia-ie.

Din figura 5 se poate deduce că, din cauza reșterii accentuate a coeficientului ε_g prin reșterea consumului specific p, se poate mări ensibil căldura transmisă prin radiație. Creș-erea grosimii efective a stratului radiant l mplifică acest efect.

În consecință, pulverizarea păcurii cu abur, omparativ cu pulverizarea păcurii cu aer com-rimat, mărind α_{gc2} și ε_{g2}, determină creșterea oeficientului global de transfer de căldură H.



g. 5. Dependența coeficientului ε_g de p, pentru $T_g = 1073$ K 1273 K la grosimile efective ale stratului radiant $l = 1$ m și 2 m.

De aceea este posibil ca pentru aceeași pu-re termică recuperată să se construiască re-uperatoare compacte, micșorîndu-se astfel con-umul de metal.

Pierderile prin gazele de ardere evacuate

Căldura evacuată din recuperator odată cu zele de ardere, în cazul arderii păcurii pulve-rizate cu abur, este:

$$Q_{e2} = B_2 i_{e2}[V_{g0} + (n_{e2} - 1) L_0 + p] \tag{19}$$

Mărimea i_e reprezintă entalpia specifică a gazelor de ardere la temperatura t_e de evacuare din recuperator, exprimată în kJ/kg.

Căldura evacuată din recuperator prin gazele de ardere se micșorează dacă se arde păcura pulverizată cu aer, devenind:

$$Q_{e1} = B_1 i_{e1} [V_{g0} + (n_{e1} - 1) L_0] \tag{20}$$

Dacă se admite că nu se aspiră aer fals în recuperator, $n_{e1} = n_{e2} = n_e$, $B_2 = B_1$ și $t_{e1} = t_{e2}$, ținînd seama de (19) și (20), creșterea procentuală a căldurii evacuate prin folosirea pulverizării cu abur este:

$$X = \frac{[V_{g0}+(n_e-1)L_0+p]c_{ge2}-[V_{g0}+(n-1)L_0]c_{ge1}}{[V_{g0}+(n_e-1)L_0]c_{ge1}} 100, \tag{21}$$

în care

c_{ge} reprezintă căldura specifică medie la presiunea constantă a produselor arderii între temperatura 0 K și temperatura de evacuare din recuperator, în kJ/kg·K.

Din relația (21) se poate aprecia că X are o valoare cu atît mai mică cu cît n_e are o valoare mai mare.

Într-o primă aproximație se poate considera că $c_{ge1} = c_{ge2}$, astfel că X variază direct proporțional cu p, după relația:

$$X = \frac{p}{V_{g0} + (n_e - 1) L_0} 100 \tag{22}$$

Utilizînd relația (21), în figura 6 s-au trasat curbele $X = f(t_e)$ pentru $n_e = 1{,}25$ și $p = 1$, respectiv $p = 2$.

Din această figură rezultă că:

— raportul X se mărește lent odată cu creșterea temperaturii de evacuare t_e;

— pentru aceeași temperatură t_e, X are o valoare cu atît mai mare cu cît p este mai mare.

De asemenea, din figura 6 se poate remarca că pentru $n_e = 1{,}25$, $t_e = 200°C$ și $p = 2$, $X = 19{,}4\ \%$, adică funcționarea dereglată a arzătoarelor sau la putere termică parțială mărește mult pierderile de căldură la coș, deoarece p are o valoare relativ mare.

Din relația (19) rezultă că, odată cu gazele de ardere, se evacuează la coș o căldură cu atît mai mică cu cît temperatura t_e este mai mică.

Majoritatea păcurilor conțin sulf, care, prin ardere, se oxidează în SO_2 și SO_3. Dacă pe traseul gazelor de ardere suprafața metalică a recuperatorului ajunge la o temperatură sub punctul de rouă, SO_2 cu apa formează acidul sulfuros.

Combinarea SO_3 cu apa formează acidul sulfuric, care are o puternică acţiune corosivă asupra suprafeţelor metalice din oţeluri nealiate.

Din cauza prezenţei H_2SO_4, creşte punctul de rouă foarte mult, de exemplu de la 50 la

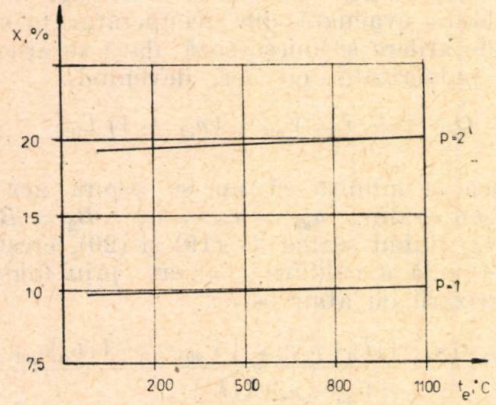


Fig. 6. Curbele $X = f(t_e)$ la $n_e = 1{,}25$, pentru $p = 1$ şi 2.

130°C, la păcură cu conţinut de sulf de numai 1% [3].

Pentru a evita corodarea rapidă a recuperatorului, temperatura gazelor de ardere t_g care cedează căldură trebuie să fie mai mare decît temperatura punctului de rouă t_0.

Dacă se admite că temperatura suprafeţei metalice a recuperatorului este egală cu t_0, pentru un recuperator metalic la care rezistenţa termică a peretelui recuperatorului este mică (ţevi, plăci etc.), se poate determina:

$$t_g = t_0 + \frac{\alpha_a}{\alpha_g}(t_0 - t_{ag}), \qquad (23)$$

unde t_{ag} este temperatura agentului care recuperează căldura.

La instalaţiile de recuperare a căldurii dimensionate raţional, $\alpha_a > \alpha_g$, astfel că din (23) rezultă că t_g trebuie să aibă o valoare sensibil mai mare decît t_0, pentru ca să nu apară coroziunea sulfurică.

Dacă agentul de recuperare a căldurii este apa, datorită valorilor mari ale coeficientului α_a, coroziunea sulfurică a metalului apare şi la temperaturi t_g relativ ridicate.

Rezultă că în cazurile în care temperatura gazelor de ardere este inferioară valorii date de relaţia (23) este necesară utilizarea unor oţeluri anticorosive, care sînt scumpe, pentru porţiunea de recuperator care funcţionează în asemenea condiţii.

Dacă nu se dispune de aceste materiale, pentru economie de metal ar fi necesară limitarea temperaturii de evacuare din recuperator, $t_e < t_g$.

Ţinînd seama de (23), se poate scrie:

$$\frac{t_{g1}}{t_{g2}} = \left[t_{01} + \frac{\alpha_a}{\alpha_{g1}}(t_{01} - t_{ag1})\right]\left[t_{02} + \frac{\alpha_a}{\alpha_{g2}}(t_{02} - t_{ag2})\right]^{-1} \qquad (24)$$

Creşterea consumului specific p măreşte punctul de rouă al gazelor de ardere, astfel că $t_{01} < t_{02}$, dar $\alpha_{g2} > \alpha_{g1}$ şi $t_{ag2} > t_{ag1}$.

Pentru valorile uzuale ale temperaturii t_e rezultă $t_{g1} < t_{g2}$, astfel că pulverizarea păcuri cu abur micşorează posibilitatea potenţială d recuperare a căldurii din gazele de ardere eva cuate.

Deşi pulverizarea păcurii cu abur, comparativ cu pulverizarea păcurii cu aer comprimat este avantajoasă pentru intensificarea schimbului de căldură în recuperatoarele cu car sînt dotate cuptoarele, totuşi un calcul teh nico-economic trebuie să stabilească alegere agentului de pulverizare. De asemenea, deza vantajele care apar la funcţionarea cuptorulu prin folosirea pulverizării cu abur trebui luate în consideraţie, întrucît în final intere sează funcţionarea optimă a agregatului cup tor-recuperator.

Bibliografie

[1] Ghia, V. V. *Effets de la combustion du mazout pulvérisé à vapeur, dans les fours équipés avec de petits brûleur* Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. et Energ., nr. 1981.

[2] * * * *Teplotehniceskie sprawocinik*. Energhiia, Moscov 1977.

[3] Brumklaus, J. H. *Industrieofenbau*. Vulkan Verla Essen, 1969.

(Articol intrat în redacţie la 4 decembrie 1981)

Metodologie de calcul al pierderilor de putere activă în conductoarele de protecție

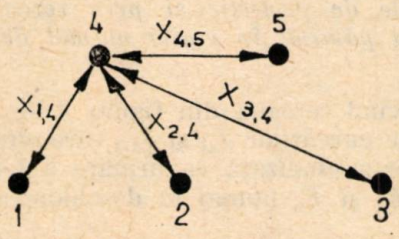
— Partea a II-a*) —

Ing. F. Vatră
dr. ing. A. Cristovici**)

. Conductoarele de protecție legate la fiecare tîlp

În figura 1 se indică notațiile adoptate pentru o LEA simplu circuit cu două conductoare le protecție.

La stabilirea metodei de calcul se utilizează metoda suprapunerii efectelor, considerîndu-se pe rînd în fiecare deschidere numai tensiunile



ig. 1. Notații pentru conductoarele unei LEA simplu circuit și două conductoare de protecție.

nduse magnetic în conductoarele de protecție e către curentul care circulă prin conductoarele active ale liniei în limitele deschiderii respective și echivalîndu-se celelalte deschideri asivizate prin impedanțe echivalente $\underline{W}$. În ondițiile în care deschiderile au o lungime ractic egală, se poate admite că tensiunile nduse $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ în conductoarele de protecție u aceleași valori în fiecare deschidere.

termină cu relația:

$$[\underline{E}] = j \cdot [X] \cdot [\underline{I}], \qquad (1)$$

unde

$[X]$ este matricea reactanțelor mutuale dintre conductoarele de protecție *4* și *5* și conductoarele active *1*, *2*, *3* (pe deschidere);

$[\underline{I}]$ — matricea curenților care circulă prin conductoarele active.

Pentru o LEA trifazată simplu circuit curenții pe cele trei faze formează un sistem de trei vectori simetrici:

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \\ \underline{I}_3 \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

1.2. *Determinarea impedanței echivalente a lanțului de cuadripoli conductor de protecție — prize de legare la pămînt*

Considerîndu-se un singur cuadripol activ (cuadripolul *i*), restul cuadripolilor pasivi din stînga și din dreapta se pot echivala prin impedanțele $\underline{W}_i$ și W_{n-i+1}, obținîndu-se schema din figura 3. În această schemă intervin tensiunile induse magnetic $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ într-o deschidere, impedanțele proprii $\underline{Z}_{44}$ și $\underline{Z}_{55}$ pe o deschidere a conductoarelor de protecție și reactanța mutuală X_{45} între conductoarele de protecție pe o deschidere.

Schema din figura 3 avînd impedanțe proprii și mutuale se poate transforma în schema din figura 4, cu ajutorul relațiilor:

$$\underline{Z}_\mu = \underline{Z}_{44} - j \cdot X_{45} = \underline{Z}_{55} - j \cdot X_{45} \qquad (3)$$

Considerîndu-se schema din figura 4 pasivizată, se poate obține impedanța echivalentă

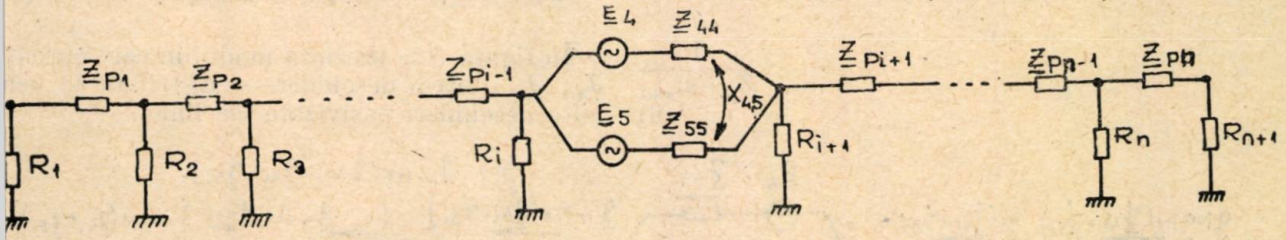


Fig. 2. Lanțul de cuadripoli conductor de protecție — prize de legare la pămînt a stîlpilor.

1.1. *Calculul tensiunilor induse*

Tensiunile induse $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ (fig. 2), pe o deschidere în conductoarele de protecție se de-

a două conductoare de protecție pentru o deschidere:

$$\underline{Z}_p = \frac{\underline{Z}_\mu}{2} + j \cdot X_{45} = \frac{\underline{Z}_{44} + j \cdot X_{45}}{2} =$$

$$= \frac{\underline{Z}_{55} + j \cdot X_{45}}{2} \qquad (4)$$

*) Prima parte a acestui articol, „Considerații privind soluțiile de tratare a conductoarelor de protecție ale unei LEA" a apărut în „Energetica" nr. 3, 1982.

**) Ing. Fănică Vatră și dr. ing. Andrei Cristovici lucrează la ISPE.

În cazul LEA cu un singur conductor de protecție, $\underline{Z}_p$ este formată din impedanța proprie a conductorului de protecție pe o deschidere.

Lanțurile finite de cuadripoli pasivizați din stînga și din dreapta cuadripolului activ se pot

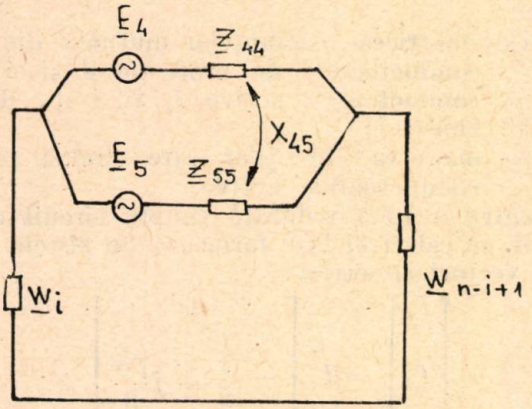


Fig. 3. Schema echivalentă de calcul cu impedanțe proprii și mutuale.

echivala prin impedanțe concentrate pe baza relațiilor [1]:

$$\underline{W}_i = \cfrac{1}{\cfrac{1}{R_i} + \cfrac{1}{\underline{Z}_p + \cfrac{1}{\cfrac{1}{R_{i-1}} + \cfrac{1}{\underline{Z}_p + \cdots \cfrac{1}{\underline{Z}_p + R_1}}}}}} \qquad (5)$$

$$\underline{W}_{n-i+1} = \cfrac{1}{\cfrac{1}{R_{i+1}} + \cfrac{1}{\underline{Z}_p + \cfrac{1}{\cfrac{1}{R_{i+2}} + \cfrac{1}{\underline{Z}_p + \cdots \cfrac{1}{\underline{Z}_p + R_{n+1}}}}}} \qquad (6)$$

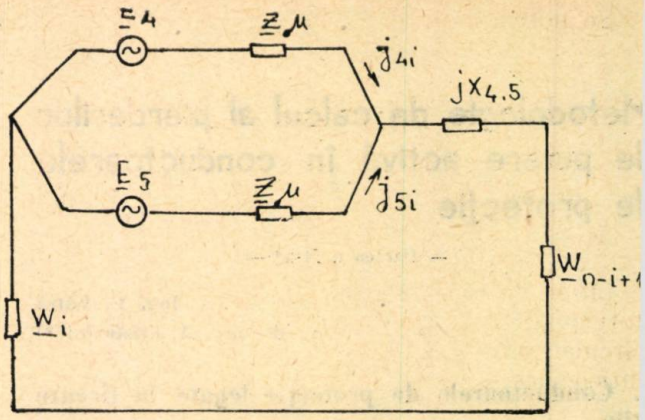


Fig. 4. Echivalarea lanțului de cuadripoli conductor de protecție — prize de legare la pămînt ale stîlpilor.

unde:

$$\underline{Z}_{p1} = \underline{Z}_{p2} = \ldots = \underline{Z}_{pi} = \ldots = \underline{Z}_p \qquad (7$$

1.3. *Calculul curenților care circulă prin conductoarele de protecție și prin rezistențele de legare la pămînt, în regim normal de funcționare*

Rezolvînd rețeaua din figura 4 se stabilesc expresiile curenților $\underline{J}_{4i}$ și $\underline{J}_{5i}$, care circulă prin deschiderea analizată ca urmare a tensiunilor induse $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ numai în deschiderea respectivă:

$$\underline{J}_{4i} = \frac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_{5i} - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_{mi}}{\underline{Z}_{4i} \cdot \underline{Z}_{5i} - \underline{Z}_{mi}^2} \qquad (8$$

$$\underline{J}_{5i} = \frac{\underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_{4i} - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_{mi}}{\underline{Z}_{4i} \cdot \underline{Z}_{5i} - \underline{Z}_{mi}^2} \qquad (9$$

unde:

$$\underline{Z}_{4i} = \underline{Z}_{5i} = \underline{Z}_{44} + \underline{W}_i + \underline{W}_{n-i+1} = \underline{Z}_{55} + \underline{W}_i + \underline{W}_{n-i+1} \qquad (10$$

$$\underline{Z}_{mi} = \underline{W}_i + \underline{W}_{n-i+1} + j \cdot X_{45} \qquad (11$$

În figura 5 se prezintă modul în care curenții $\underline{J}_{4i}$, $\underline{J}_{5i}$ dintr-o deschidere se distribuie în celelalte deschideri pasivizate ale liniei.

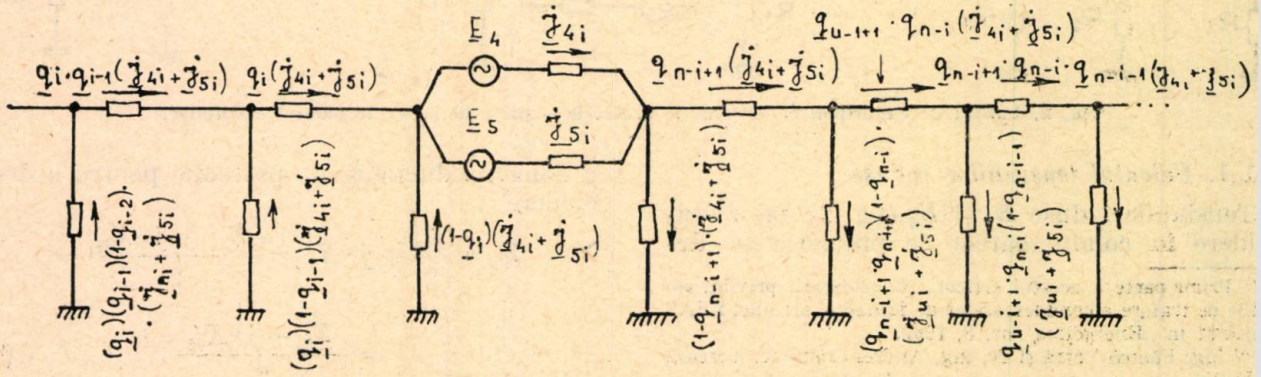


Fig. 5. Distribuția curenților induși într-o deschidere în celelalte deschideri pasivizate ale LEA.

Se notează cu $\underline{q}_i$ și $\underline{q}_{n-i+1}$, rapoartele :

$$\underline{q}_i = \frac{R_{pi}}{R_{pi} + \underline{Z}_p + \underline{W}_{i-1}} \tag{12}$$

$$\underline{q}_{n-i+1} = \frac{R_{pi+1}}{R_{pi+1} + \underline{Z}_p + \underline{W}_{n-i}} \tag{13}$$

Luînd în considerare situația reală, în care toți cuadripolii sînt activi, curenții totali care circulă prin fiecare conductor de protecție într-o deschidere, se determină cu relațiile :

$$\underline{I}_{4i} = \underline{J}_{4i} + \underline{J}_A \tag{14}$$

$$\underline{I}_{5i} = \underline{J}_{5i} + \underline{J}_A \tag{15}$$

unde :

$$\underline{J}_A = \frac{\underline{J}_{4,i-1} + \underline{J}_{5,i-1}}{2} \cdot \underline{q}_{n-i-2} + \frac{\underline{J}_{4,i-2} + \underline{J}_{5,i-2}}{2} \cdot$$

$$\cdot \underline{q}_{n-i-2} \cdot \underline{q}_{n-i-3} + \ldots + \frac{\underline{J}_{4,1} + \underline{J}_{5,1}}{2} \cdot$$

$$\cdot \underline{q}_{n-i-2} \cdot \underline{q}_{n-i-3} \cdot \ldots \cdot \underline{q}_n + \frac{\underline{J}_{4,i+1} + \underline{J}_{5,i+1}}{2} \cdot$$

$$\cdot \underline{q}_{i+1} + \frac{\underline{J}_{4,i+2} + \underline{J}_{5,i+2}}{2} \cdot \underline{q}_{i+1} \cdot \underline{q}_{i+2} + \ldots +$$

$$+ \frac{\underline{J}_{4,n} + \underline{J}_{5,n}}{2} \cdot \underline{q}_{i+1} \cdot \underline{q}_{i+2} \cdot \ldots \cdot \underline{q}_n \tag{16}$$

Curenții prin rezistențele de legare la pămînt a stîlpilor vor fi dați de expresiile :

$$\underline{I}_{Ri} = \frac{\underline{I}_{4,i} + \underline{I}_{5,i}}{2} - \frac{\underline{I}_{4,i-1} + \underline{I}_{5,i-1}}{2} \tag{17}$$

1.4. *Calculul unui lanț cu număr mare de cuadripoli*

Pentru un număr mare de cuadripoli, calculul impedanțelor echivalente și al curenților devine laborios. În cazul unui număr mare de cuadripoli se poate neglija efectul prizelor de pămînt ale stațiilor la care este conectată linia și rezistențele de legare la pămînt se pot considera egale ($R_1 = R_2 = \ldots = R_i = \ldots = R$).

Acest mod de calcul se justifică din următoarele motive :

— efectul valorilor diferite și variabile în timp ale rezistențelor prizelor stîlpilor nu se poate stabili, datorită lipsei unor rezultate de măsurători corecte ale rezistențelor prizelor stîlpilor ;

— în condițiile neglijării efectului valorilor diferite ale rezistențelor prizelor stîlpilor este justificat de asemenea să se neglijeze și efectul rezistenței reduse a prizelor stațiilor. Din calculele efectuate a rezultat că, în cazul considerării efectului stațiilor de capăt, pierderile în conductoarele de protecție (considerînd și pierderile în rezistențele de legare la pămînt) cresc foarte puțin (sub 1 %).

În cazul unui număr mare de cuadripoli avînd aceleași valori ale rezistențelor ($R_i = R$) și impedanțelor ($\underline{Z}_{pi} = \underline{Z}_p$), se poate considera că impedanța echivalentă a k deschideri este egală cu impedanța echivalentă a $k - 1$ deschideri, lanțul de k cuadripoli echivalîndu-se cu cuadripolul din figura 6, și se poate scrie relația :

$$\underline{W} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{\underline{Z}_p + \underline{W}}} \tag{18}$$

Relația (18) se poate transforma într-o ecuație de gradul doi, avînd $\underline{W}$ ca necunoscută [1] :

$$\underline{W}^2 + \underline{Z}_p \cdot \underline{W} - R \cdot \underline{Z}_p = 0 \tag{19}$$

cu soluțiile :

$$\underline{W} = -\frac{\underline{Z}_p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\underline{Z}_p}{2}\right)^2 + \underline{Z}_p \cdot R}, \tag{20}$$

din care soluția acceptabilă ($\underline{W} \geqslant 0$) este :

$$\underline{W} = -\frac{\underline{Z}_p}{2} + \sqrt{\left(\frac{\underline{Z}_p}{2}\right)^2 + \underline{Z}_p \cdot R} \tag{21}$$

Relația (21) înlocuiește, în ipotezele date, relațiile (5) și (6).

Curenții $\underline{J}_4$ și $\underline{J}_5$, care circulă prin deschiderea analizată ca urmare a tensiunilor induse $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ numai în deschiderea respectivă, sînt dați de expresiile :

$$\underline{J}_4 = \frac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_m^2} \tag{22}$$

$$\underline{J}_5 = \frac{\underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_4 - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_m^2} \tag{23}$$

unde :

$$\underline{Z}_4 = \underline{Z}_5 = \underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{W} = \underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{W} \tag{24}$$

$$\underline{Z}_m = j \cdot X_{45} + 2 \cdot \underline{W} \tag{25}$$

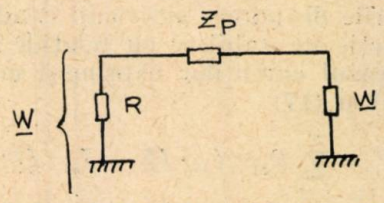


Fig. 6. Echivalarea lanțului de cuadripoli conductor de protecție — prize de legare la pămînt ale stîlpilor printr-o impedanță concentrată $\underline{W}$.

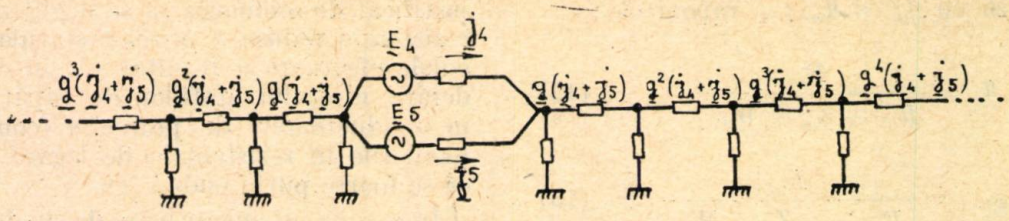


Fig. 7. Lanțul de cuadripoli conductor de protecție — prize de legare la pămînt ale stîlpilor.

În figura 7 se prezintă modul în care curenții $\underline{J}_4$ și $\underline{J}_5$ dintr-o deschidere se distribuie în celelalte deschideri pasivizate, unde prin $\underline{q}$ s-a notat :

$$\underline{q} = \frac{R}{R + \underline{Z}_p + \underline{W}} \tag{26}$$

Luînd în considerare situația reală, în care toți cuadripolii sînt activi, curenții totali care circulă prin fiecare conductor de protecții într-o deschidere se determină cu relațiile

$$\underline{I}_4 = \underline{J}_4 + \frac{\underline{J}_4 + \underline{J}_5}{2} \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots + \underline{q}^{k1}) +$$

$$+ \frac{\underline{J}_4 + \underline{J}_5}{2} \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots + \underline{q}^{k2}) \tag{27}$$

$$\underline{I}_5 = \underline{J}_5 + \frac{\underline{J}_4 + \underline{J}_5}{2} \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots + q^{k1}) +$$

$$+ \frac{\underline{J}_4 + \underline{J}_5}{2} \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots + \underline{q}^{k2}) \tag{28}$$

unde : $k1 + k2 = n$

și

$$\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots + \underline{q}^k = \frac{\underline{q}(1 - \underline{q}^k)}{1 - \underline{q}} \approx$$

$$\approx \frac{\underline{q}}{1 - \underline{q}} = \frac{R}{\underline{Z}_p + \underline{W}} \tag{29}$$

deoarece $\underline{q} < 1$ și k mare. Relațiile (27) și (28) devin :

$$\underline{I}_4 = \underline{J}_4 + (\underline{J}_4 + \underline{J}_5) \cdot \frac{R}{\underline{Z}_p + \underline{W}} \tag{30}$$

$$\underline{I}_5 = \underline{J}_5 + (\underline{J}_4 + \underline{J}_5) \cdot \frac{R}{\underline{Z}_p + \underline{W}} \tag{31}$$

iar

$$\underline{I}_R = 0 \tag{32}$$

1.5. *Calculul consumului propriu tehnologic în conductoarele de protecție*

Pierderile de putere activă în conductoarele de protecție se stabilesc cu relațiile :

— în cazul curenților exprimați cu relațiile (14), (15) și (17)

$$P = \sum_{i=1}^{n} R_{44} \cdot (\underline{I}_{4i} \cdot \underline{I}_{4i}^* + \underline{I}_{5i} \cdot \underline{I}_{5i}^*) +$$

$$+ \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot \underline{I}_{Ri} \cdot \underline{I}_{Ri}^* \tag{33}$$

— în cazul curenților exprimați cu relațiile (30) și (31),

$$P = n \cdot R_{44} \cdot (\underline{I}_4 \cdot \underline{I}_4^* + \underline{I}_5 \cdot \underline{I}_5^*) \tag{34}$$

unde prin n s-a notat numărul de deschideri pe 100 km de linie, iar R_{44} reprezintă rezistența conductorului de protecție. Pierderile se măsoară în kilowați/100 km de linie.

2. Conductoarele de protecție izolate pe toată lungimea liniei și legate la pămînt la capete prin impedanțe

Schema de calcul este prezentată în figura 8. Curenții prin conductoarele de protecție se determină cu relațiile :

$$\underline{I}_4 = \frac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_{45}}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_{45}^2} \tag{35}$$

$$\underline{I}_5 = \frac{\underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_4 - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_{45}}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_{45}^2}, \tag{36}$$

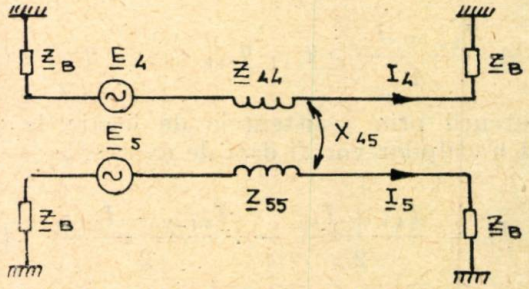


Fig. 8. Conductoarele de protecție izolate față de pămînt toată lungimea liniei și legate la capete la pămînt prin 2

unde

$\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ sînt tensiunile induse în conductoarele de protecție pe întreaga lungime de linie ;

$$\underline{Z}_4 = \underline{Z}_5 = \underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{Z}_B = \underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{Z}_B \tag{37}$$

$$\underline{Z}_{45} = j \cdot \underline{Z}_{45} \tag{38}$$

$\underline{Z}_{44} = \underline{Z}_{55}$ — impedanțele proprii ale conductoarelor de protecție ;

$\underline{Z}_{45}$ — impedanța mutuală între conductoarele de protecție ;

$\underline{Z}_B$ — impedanța de legare la pămînt a capete.

Pierderile de putere activă se determină cu relațiile :

$$P = R_{44} \cdot (\underline{I}_4 \cdot \underline{I}_4^* + \underline{I}_5 \cdot \underline{I}_5^*) \tag{39}$$

În cazul unui număr impar de încrucișări ale conductoarelor de protecție, curenții prin conductoarele de protecție vor fi :

$$\underline{I}'_4 = \underline{I}'_5 = (\underline{I}_4 + \underline{I}_5)/2, \tag{40}$$

unde $\underline{I}_4$ și $\underline{I}_5$ se obțin cu relațiile (35) și (36), iar pierderile de putere în conductoarele de protecție sînt date de relația :

$$P = 2 \cdot R_{44} \cdot \underline{I}_4 \cdot \underline{I}_4^* \tag{41}$$

3. Un conductor de protecție izolat pe toată lungimea liniei și legat la pămînt la capete prin $\underline{Z}_B$, al doilea conductor de protecție fiind legat la pămînt la fiecare stîlp

Schema de calcul este prezentată în figura 9. Pentru calcul se utilizează metoda suprapunerii efectelor, considerîndu-se, ca și la pct. 1, pe rînd în fiecare deschidere numai tensiunile induse magnetic în limita deschiderii respective, iar celelalte deschideri — pasivizate.

De asemenea, se pleacă de la ipoteza simplificatoare a unui număr mare de deschideri, rezistențele de legare la pămînt fiind egale între ele și neglijîndu-se efectul prizelor stațiilor de la capete.

Cu notațiile :

$$\underline{Z}_4 = n \cdot \underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{Z}_B \tag{45}$$

$$\underline{Z}_5 = \underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{W} \tag{46}$$

$$\underline{Z}_m = \underline{Z}_{45} \cdot [1 + 2 \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots)] = \underline{Z}_{45} \cdot \frac{1 + \underline{q}}{1 + \underline{q}} \tag{47}$$

relațiile (42) devin :

$$\begin{cases} \underline{E}_4 = \underline{Z}_4 \cdot \underline{J}_4 + \underline{Z}_m \cdot \underline{J}_5 \\ \underline{E}_5 = \underline{Z}_5 \cdot \underline{J}_5 + \underline{Z}_m \cdot \underline{J}_4 \end{cases} \tag{48}$$

Din relațiile (48) se obțin curenții $\underline{J}_4$ și $\underline{J}_5$. care circulă prin deschiderea analizată, ca urmare a tensiunilor induse $\underline{E}_4$ și $\underline{E}_5$ numai în deschiderea respectivă :

$$\underline{J}_4 = \frac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_m^2} \tag{49}$$

$$\underline{J}_5 = \frac{\underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_4 - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_4 \cdot \underline{Z}_5 - \underline{Z}_m^2}$$

Luînd în considerare situația reală, în care toate deschiderile sînt active, curenții totali care circulă prin fiecare conductor de protecție

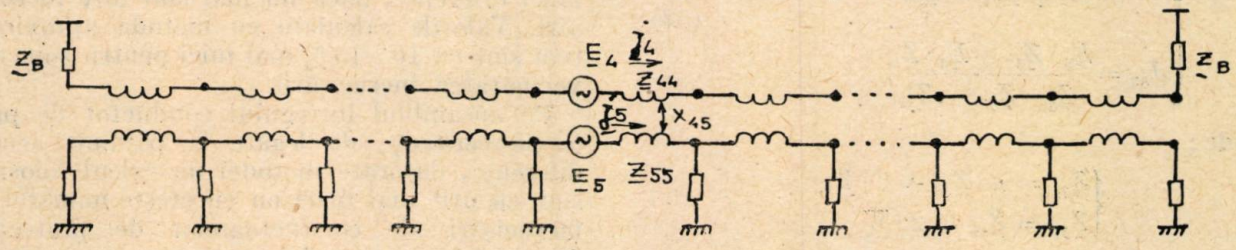


Fig. 9. Un conductor de protecție izolat pe toată lungimea liniei, al doilea conductor de protecție legat la pămînt la fiecare stîlp.

Pentru rețeaua din figura 9 se pot scrie relațiile :

$$\underline{E}_4 = n \cdot (\underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{Z}_B) \cdot \underline{J}_4 + \underline{Z}_{45} \cdot \underline{J}_5 + 2 \cdot \underline{Z}_{45} \cdot \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots) \cdot \underline{J}_5 \tag{42}$$

$$\underline{E}_5 = (\underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{W}) \cdot \underline{J}_5 + \underline{Z}_{45} \cdot \underline{J}_4 + 2 \cdot \underline{Z}_{45} \cdot \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots) \cdot \underline{J}_4,$$

unde

$\underline{Z}_{44}$ și $\underline{Z}_{55}$ sînt impedanțele proprii ale conductoarelor de protecție pentru o deschidere ;

$\underline{Z}_{45}$ — impedanța mutuală dintre conductoarele de protecție pe o deschidere ;

n — numărul de deschideri ;

$$\underline{q} = \frac{R}{R + \underline{Z}_{44} + \underline{W}} \tag{43}$$

$$\underline{W} = -\frac{\underline{Z}_{44}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\underline{Z}_{44}}{2}\right)^2 + R_p \cdot \underline{Z}_{44}} \tag{44}$$

se determină cu relațiile :

$$\begin{cases} \underline{I}_4 = n \cdot \underline{J}_4 \\ \underline{I}_5 = \underline{J}_5 + 2 \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \ldots) \cdot \underline{J}_5 = \\ \qquad = \underline{J}_5 \cdot \dfrac{1 + \underline{q}}{1 - \underline{q}} \end{cases} \tag{50}$$

Pierderile de putere în conductoarele de protecție sînt date de relația (34).

4. Un conductor de protecție izolat pe toată lungimea liniei și legat la pămînt la capete prin Z_B, al doilea conductor de protecție legat la pămînt la fiecare stîlp, dar conductoarele de protecție încrucișate

Pentru un număr impar de încrucișări, schema de calcul este prezentată în figura 10. Pentru a se preîntîmpina un calcul laborios se indică o metodă aproximativă. De asemenea se folosește metoda suprapunerii efectelor,

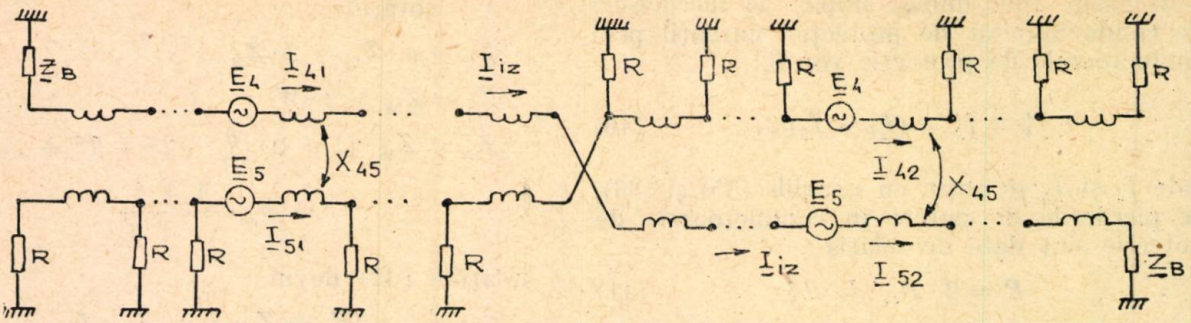


Fig. 10. Un conductor de protecţie izolat pe toată lungimea liniei, al doilea conductor de protecţie legat la pămînt la fiecare stîlp, cele două conductoare fiind încrucişate.

considerînd cîte o deschidere activă din fiecare parte a încrucişării (deschiderile fiind depărtate de locul de încrucişare). Curenţii din cele două tipuri de deschideri sînt daţi de relaţiile :

$$\begin{cases} \underline{J}_{41} = \dfrac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_{51} - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_{41} \cdot \underline{Z}_{51} - \underline{Z}_m} \\ \underline{J}_{51} = \dfrac{\underline{E}_5 \underline{Z}_{41} - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_{41} \cdot \underline{Z}_{51} - \underline{Z}_m^2} \end{cases} \quad (51)$$

$$\begin{cases} \underline{J}_{42} = \dfrac{\underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_{52} - \underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_{42} \cdot \underline{Z}_{52} - \underline{Z}_m^2} \\ \underline{J}_{52} = \dfrac{\underline{E}_5 \cdot \underline{Z}_{42} - \underline{E}_4 \cdot \underline{Z}_m}{\underline{Z}_{42} \cdot \underline{Z}_{52} - \underline{Z}_m^2} \end{cases} \quad (52)$$

unde :

$$\begin{cases} \underline{Z}_{41} = n \cdot \underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{Z}_B \\ \underline{Z}_{51} = \underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{W} \end{cases} \quad (53$$

$$\begin{cases} \underline{Z}_{42} = \underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{W} \\ \underline{Z}_{52} = n \cdot \underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{Z}_B \end{cases} \quad (54)$$

$$\underline{Z}_m = \underline{Z}_{45}[1 + 2 \cdot (\underline{q} + \underline{q}^2 + \underline{q}^3 + \dots)] =$$

$$= \underline{Z}_{45} \cdot \frac{1 + \underline{q}}{1 - \underline{q}} \quad (55)$$

Pentru conductorul de protecţie izolat, curentul total va fi :

$$\underline{I}_{iz} = \underline{I}_{41} + \underline{I}_{52} = \frac{n}{2} \cdot (\underline{J}_{41} + \underline{J}_{52}) \quad (56)$$

Pentru conductorul de protecţie legat la pămînt, pentru deschiderile din stînga încrucişării se poate utiliza relaţia :

$$\underline{I}_{51} = \underline{J}_{51} \cdot (1 + \underline{q})/(1 - \underline{q}), \quad (57)$$

iar pentru deschiderile din dreapta încrucişării, relaţia :

$$\underline{I}_{42} = \underline{J}_{42} \cdot (1 + \underline{q})/(1 - \underline{q}) \quad (58)$$

Pentru deschiderile din vecinătatea încru cişării apar influenţe ale curenţilor din deschi derile din dreapta şi din stînga încrucişări influenţe care vor micşora valorile date d relaţiile (57) şi (58) (deoarece curenţii sînt de fazaţi) şi vor apărea curenţi prin rezistenţel de legare la pămînt.

Din calculele efectuate a rezultat că utili zarea acestei metode aproximative conduce l valori mai mici ale pierderilor pe ansambl conductor de protecţie-rezistenţe de legare l pămînt din vecinătatea încrucişării. Aceste d ferenţe apar numai pe circa 5—7 km de o part şi de alta a încrucişării, neexistînd pe restu liniei diferenţe, dacă nu mai sînt alte încruc şări. Valorile calculate cu metoda aproxima tivă sînt cu 10—15 % mai mici pentru zona di vecinătatea încrucişării.

Pe ansamblul întregului conductor de pro tecţie-rezistenţe de legare la pămînt, acest diferenţe, datorate metodei de calcul folosit sînt cu atît mai mari cu cît creşte numărul d încrucişări ale conductoarelor de protecţi Prin folosirea metodei aproximative apare eroare în minus de circa 3 %, în cazul exister ţei unei încrucişări pe 100 km de linie, şi d circa 10—15 %, în cazul a cinci încrucişări p 100 km de linie.

Pentru calculul exact se utilizează metod prezentată la pct. 1.

Neglijînd aceste influenţe din deschideril din vecinătatea încrucişării, pierderile de pu tere activă în conductoarele de protecţie s determină cu relaţia :

$$P = n \cdot R_{44} \cdot \underline{I}_{iz} \cdot \underline{I}_{iz}^* + \frac{n}{2} \cdot R_{44} \cdot (\underline{I}_{51} \cdot \underline{I}_{41}^* +$$

$$+ \underline{I}_{42} \cdot \underline{I}_{42}^*) \quad (59$$

5. Conductoarele de protecţie transpuse pri izolare

Transpunerea prin izolare a conductoarel de protecţie este prezentată în figura 11. Î acest scop, se izolează complet faţă de stîl din două în două deschideri, alternativ, fi care conductor de protecţie, astfel încît s

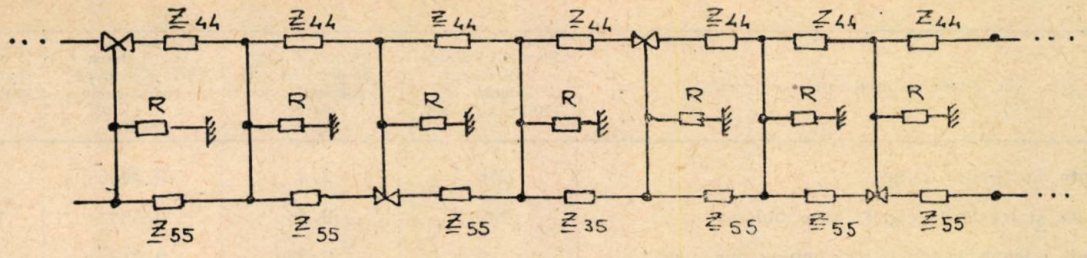


Fig. 11. Schema conductoarelor de protecţie transpuse prin izolare :
R — rezistenţa prizei de legare la pămînt a stîlpilor ; ⊳⊲ — izolatoare.
Observaţie. Schema cuprinde numai impedanţe proprii.

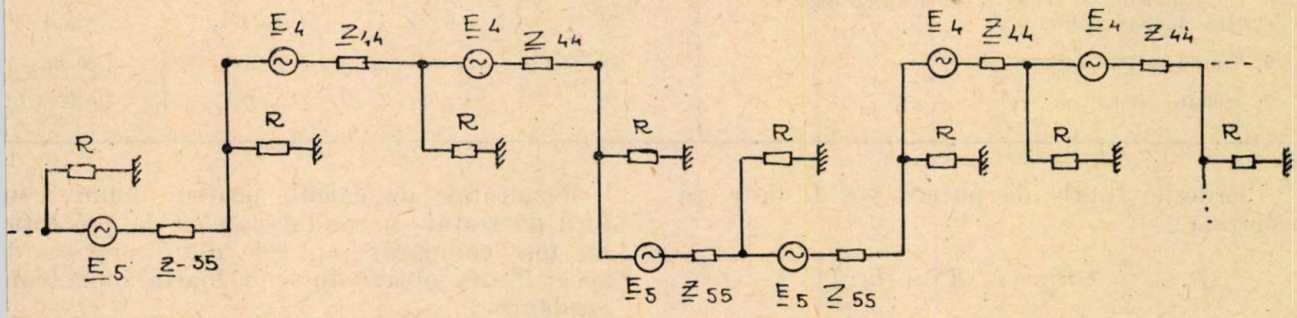


Fig. 12. Schema echivalentă, corespunzătoare schemei din figura 11. E_4, E_5 — tensiunile induse de conductoarele active în conductoarele de protecţie.

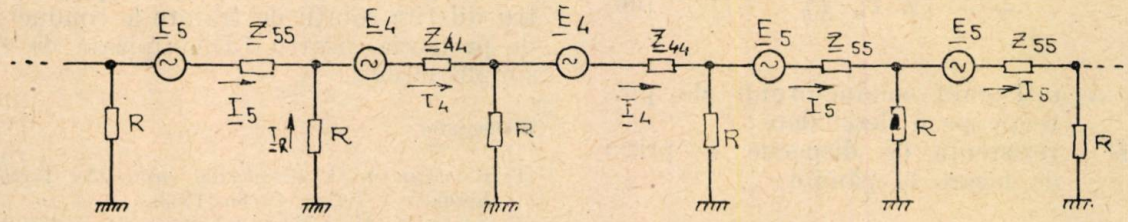


Fig. 13. Schema echivalentă de calcul corespunzătoare schemei din figura 12.

menţine o legătură galvanică continuă în lungul liniei (fig. 12). Schema electrică pentru conductoarele de protecţie transpuse este prezentată în figurile 12 şi 13.

În continuare se foloseşte raţionamentul de la pct. 1.

Fie :

$$\underline{q} = \frac{R}{R + \underline{Z}_{44} + \underline{W}}, \tag{60}$$

unde :

R este rezistenţa de dispersie a prizei de legare la pămînt a unui stîlp ;

$\underline{Z}_{44}$ — impedanţa proprie a conductorului de protecţie pentru o deschidere ;

$\underline{W}$ — impedanţa echivalentă determinată cu relaţia (21), unde $\underline{Z}_p = \underline{Z}_{44}$.

Curenţii prin conductoarele de protecţie ale unei deschideri, pentru cazul în care restul cuadripolilor conductor de protecţie-prize de legare la pămînt sînt pasivizaţi, se determină cu :

$$\underline{J}_4 = \frac{\underline{E}_4}{\underline{Z}_{44} + 2 \cdot \underline{W}} \tag{61}$$

$$\underline{J}_5 = \frac{\underline{E}_5}{\underline{Z}_{55} + 2 \cdot \underline{W}} \tag{62}$$

unde $\underline{Z}_{44} = \underline{Z}_{55}$.

Prin suprapunerea efectelor tensiunilor induse în toate deschiderile liniei se obţin prin conductoarele de protecţie curenţii $\underline{I}_4$, $\underline{I}_5$, ca sumă a unor serii geometrice cu raţia $\underline{q}^2$ şi $\underline{q}^4$.

Procedînd similar ca la pct. 1, se obţine :

$$\underline{I}_4 = \underline{J}_4 + (\underline{J}_4 + \underline{J}_5) \cdot \frac{\underline{q}}{1 - \underline{q}^2} + (\underline{q}^2 \cdot \underline{J}_4 + \underline{J}_5) \cdot \frac{2 \cdot \underline{q}^2}{1 - \underline{q}^4} \tag{63}$$

$$\underline{I}_5 = \underline{J}_5 + (\underline{J}_4 + \underline{J}_5) \cdot \frac{\underline{q}}{1 - \underline{q}^2} + (\underline{q}^2 \cdot \underline{J}_5 + \underline{J}_4) \cdot \frac{2 \cdot \underline{q}^2}{1 - \underline{q}^4} \tag{64}$$

La stîlpul la care se face continuitatea de pe conductorul *4* pe conductorul *5*, în rezistenţa de legare la pămînt va apărea curentul :

$$\underline{I}_R = \underline{I}_4 - \underline{I}_5 \tag{65}$$

Tabelul

Soluția de tratare a conductoarelor de protecție	Pierderile pentru 1 kA curent inductor și 100 km LEA, kW	Pierderile în % din pierderile pe conductoarele active	Pierderile în % din puterea transportată pe conductoarele active (circa 725 MW)	Pierderile pentru puterea naturală a LEA și 100 km, kW
1. Legate la fiecare stîlp	250,5	2,5	0,3455	160,3
2. Izolate și legate la capete prin bobine	245,7	2,46	0,339	157,3
3. Izolate și legate la capete prin bobine, dar încrucișate	9,5	0,095	0,013	6,0
4. Un conductor de protecție izolat, unul legat la stîlp	179,0	1,79	0,247	114,5
5. Un conductor de protecție izolat, unul legat la stîlp, dar încrucișate	70,5	0,71	0,097	45,1
6. Transpuse prin izolare	10,75	0,11	0,0148	6,88
7. Izolate total	0	0	0	0

Pierderile totale de putere vor fi date de expresia:

$$P = \frac{n}{2} \cdot R_{44} \cdot (\underline{I}_4 \cdot \underline{I}_4^* + \underline{I}_5 \cdot \underline{I}_5^*) + \frac{n}{2} \cdot R \cdot \underline{I}_R \cdot \underline{I}_R^* \qquad (66)$$

unde

R_{44} este rezistența conductorului de protecție pe o deschidere;

R — rezistența de dispersie a prizei de legare la pămînt.

6. Rezultate de calcul

Metodologia de calcul prezentată permite determinarea, exactă sau cu o bună aproximație, a pierderilor de putere activă în conductoarele de protecție.

Rezultatele de calcul, pentru anumite so luții de tratare a conductoarelor de protecți au fost comparate cu cele din literatura d specialitate, obținîndu-se o foarte bună cor cordanță.

În tabelul 1 se prezintă pierderile de pu tere activă în conductoarele de protecție, pen tru diferite soluții de tratare a conductoarelo de protecție, pentru LEA tipizată de 400 k simplu circuit.

Bibliografie

[1] Edelman, H. *Berechnung elektrischer Verbundnetz* Springer — Verlag, Berlin, 1963.

[2] Sufrim, M. și Necșulescu, D. S. *Influența co ductorului de protecție asupra dimensionării prizelor pămînt de la stîlpii LEA de foarte înaltă tensiune.* În Energetica, nr. 6, 1970.

[3] * * * *Studiul caracteristicilor electrice ale liniilor el trice aeriene cu mai multe circuite de tensiuni diferi* Studiu ISPE, 1976.

(Articol intrat în redacție la 20 mai 1981)

Asupra proiectării și realizării unui contor electronic pentru măsurarea pierderilor de energie electrică pe liniile electrice

Dr. ing. **S. Darie** și ing. **H. Bălan***)

Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pornește de la necesitatea ca în viitorul deceniu România să devină independentă din punctul de vedere al combustibilului și al energiei. În acest scop, printre alte directive, devine primordială și reducerea la maximum a pierderilor de putei și de energie în procesul de transport, distri buție și utilizare a energiei electrice.

Reducerea consumurilor proprii tehnologi (CPT) ale instalațiilor electrice este o preoc pare permanentă și la toate nivelurile cond cerii sistemului energetic național.

Avînd în vedere acest aspect al CPT, a torii au proiectat și au realizat un contor ele tronic care permite măsurarea pierderilor energie electrică pe liniile electrice de trar port și distribuție.

Făcînd o analiză a parametrilor caracter tici, preț, complexitatea schemei utilizate, p sibilități de depanare, se ajunge la conclu că soluția cea mai convenabilă este cea ca utilizează circuite integrate logice și anal gice.

*) Dr. ing. Silviu Darie este conferențiar, iar ing. Horia Bălan este asistent la Institutul politehnic Cluj-Napoca Facultatea de electrotehnică.

. Prezentarea soluției alese

În figura 1 se prezintă schema-bloc a unui contor de pierderi pentru o sarcină trifazată echilibrată, iar în figura 2, pentru o sarcină trifazată dezechilibrată.

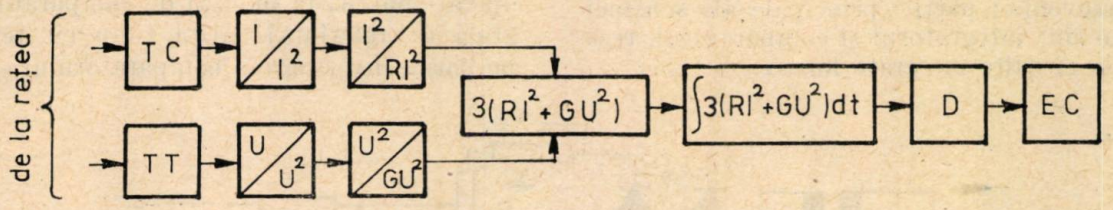


Fig. 1. Schema-bloc a unui contor electronic de pierderi de energie (pentru sarcină simetrică) : TC — traductor de curent ; TT — traductor de tensiune ; $\int 3\,(RI^2 + GU^2)\,dt$ — integrator numeric ; D — circuit de divizare ; EC — element de contorizare.

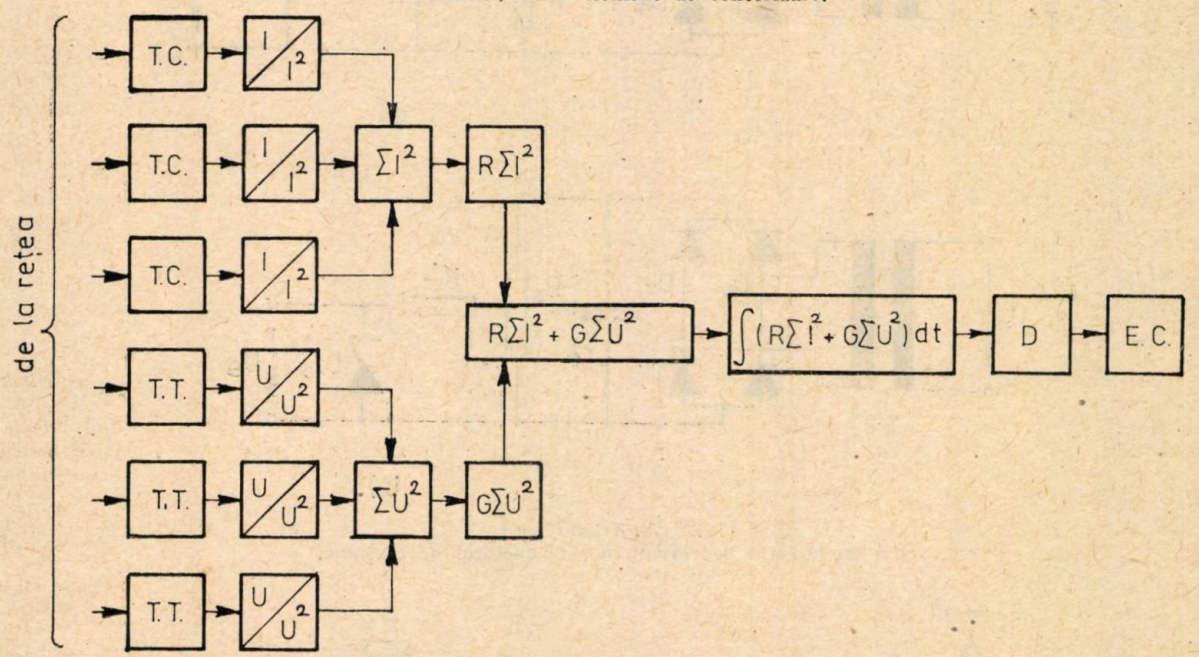


Fig. 2. Schema-bloc a unui contor electronic de pierderi de energie (pentru sarcină dezechilibrată).

Schemele-bloc prezentate realizează contorizarea pierderilor totale de energie pe liniile electrice, date de relația :

$$\Delta W_{Tot} = \sum_{i=1}^{3} \int (RI^2 + GU^2)\,dt \qquad (1)$$

2. Proiectarea elementelor componente ale contorului de pierderi

2.1. *Traductorul de curent și de tensiune* (fig. 3 *a* și *b*)

Transformatorul TT are tensiunea secundară de 100 V. Traductoarele sînt astfel dimensionate, încît tensiunile de ieșire U_e să varieze între 0 și 10 V.

2.2. *Elementul cuadrator* (fig. 4).

S-a folosit un element integrat liniar MC 1495 (MOTOROLA). În cazul utilizării ca element cuadrator, cele două tensiuni de intrare sînt egale, $U_x = U_y$. Tensiunea de ieșire, U_a, este :

$$U_a = \frac{U_x^2}{10}. \qquad (2)$$

Eroarea dispozitivului utilizat este mai mică de 1 %. Tensiunile $\pm E$ sînt $\pm$ 15 V. Se precizează faptul că o soluție de cuadrator utilizînd 4—5 amplificatoare operaționale, precum și tranzistoare pe arie termostatată (βA 726) conduce la un număr mare de circuite integrate. Astfel, de exemplu, pentru cazul unei sarcini nesimetrice elementele cuadratoare ar totaliza 24—30 de amplificatoare operaționale μA 741 și 6 integrate βA 726.

2.3. *Elementul de scară și circuitul sumator*

Elementul de scară realizează multiplicarea pătratului curentului și tensiunii cu $3R$ și $3G$, în cazul sarcinii simetrice, respectiv cu R și G, în cazul sarcinii nesimetrice ; este realizat cu un circuit integrat μA 741 avînd factorul de amplificare reglabil.

Elementul sumator realizează : $3(RI^2 + GU^2)$, în cazul sarcinii simetrice, respectiv $R \Sigma I^2 + G \Sigma U^2$, în cazul sarcinii nesimetrice, și este realizat cu un circuit integrat μA 741.

2.4. *Elementul integrator* (fig. 5)

Soluția aleasă reprezintă un convertor tensiune-frecvență ; părțile principale ale schemei utilizate sînt integratorul și comparatorul, realizate cu circuite integrate liniare.

Funcționarea integratorului este următoarea : la aplicarea tensiunii de intrare U_i, la ieșirea integratorului se obține o tensiune proporțională cu integrala tensiunii de intrare. Această tensiune este comparată cu tensiunea de pe borna neinversoare a amplificatorului operațional A_2 în montaj de comparator (integrala de referință). Atîta timp cît tensiunea pe borna inversoare a comparatorului este mai

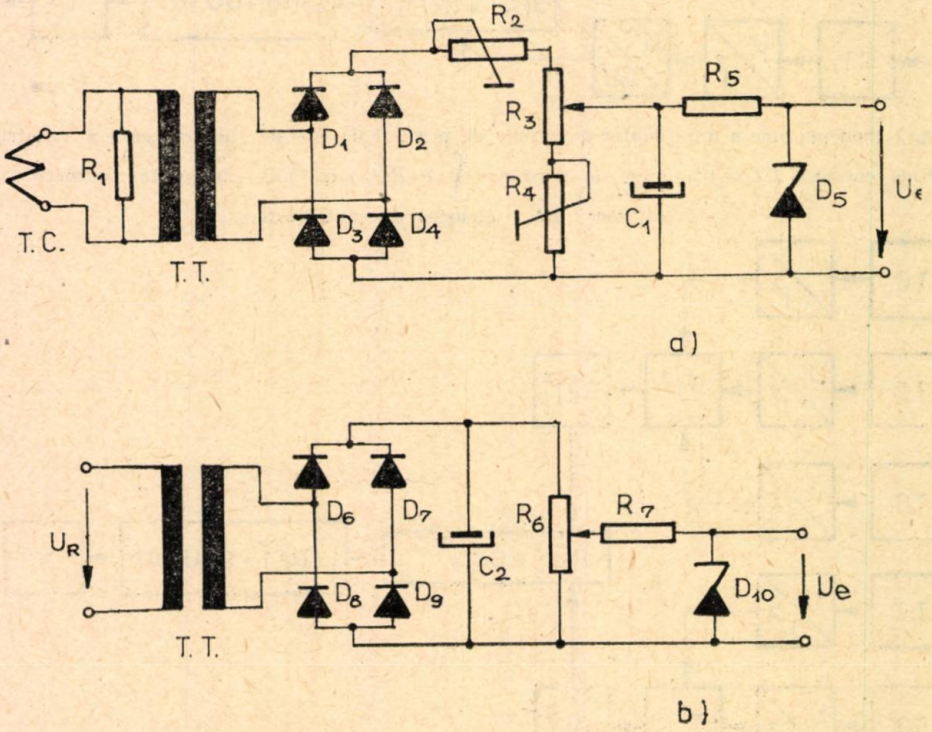


Fig. 3. Traductoare.
a — traductorul de curent ; *b* — traductorul de tensiune.

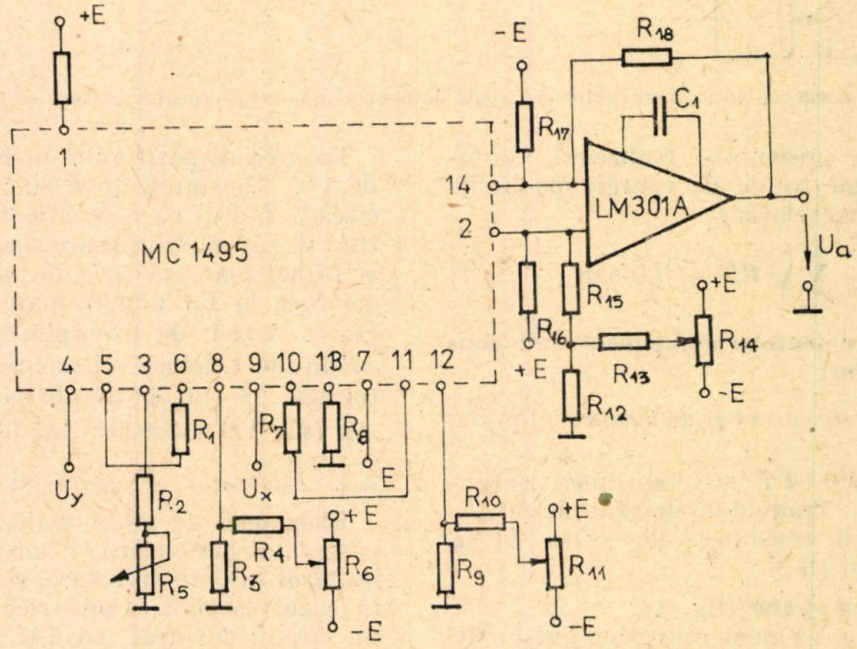


Fig. 4. Elementul cuadrator.

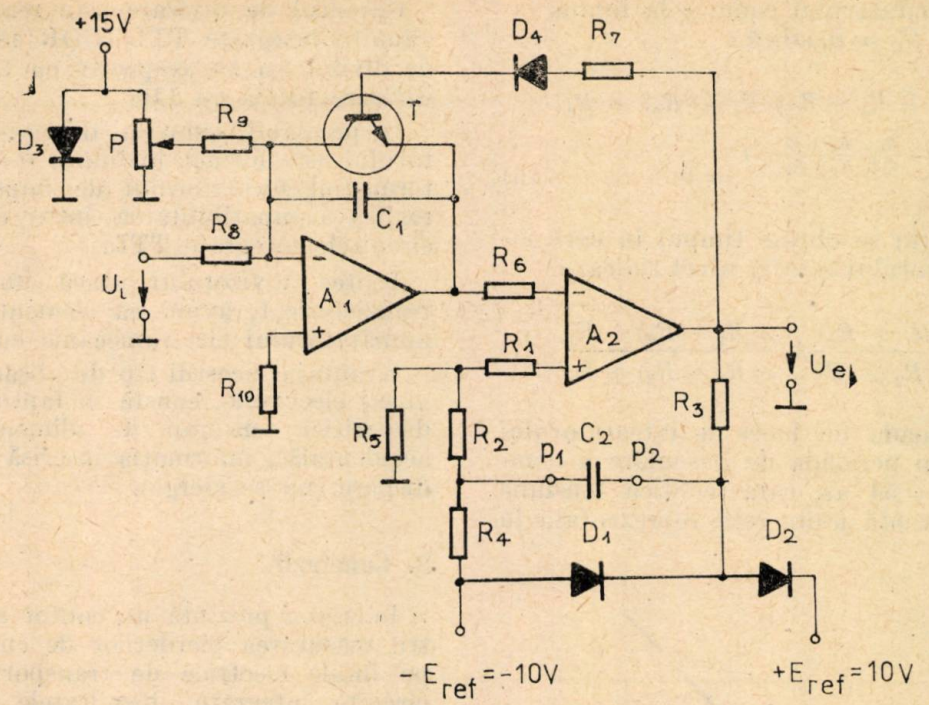


Fig. 5. Integratorul.

mică decît tensiunea de pe borna neinversoare, dioda D_1 este deschisă, valoarea tensiunii de ieșire a comparatorului fiind la valoarea $-E_{ref}$; în această situație tranzistorul T este blocat. În momentul în care tensiunile de intrare ale comparatorului devin egale, tensiunea de ieșire U_e devine pozitivă, dioda D_1 se blochează, iar dioda D_2 se deschide; tensiunea de ieșire a comparatorului este $+E_{ref}$. Această situație se menține atîta timp cît durează încărcarea condensatorului C_2 de la sursa $+E_{ref}$. Cînd armătura P_1 atinge valoarea $-U_1$, ieșirea comparatorului basculează din nou spre limita inferioară, blocînd tranzistorul T.

Pentru ca precizia integratorului să fie cît mai ridicată este foarte important ca timpul de integrare să fie mult mai mare decît timpul în care ieșirea comparatorului este la nivel ridicat.

Potențialul la bornele P_1 și P_2 ale condensatorului C_2, înainte și după comutare, este dat în tabelul 1.

Tabelul 1

Tensiunea / Bornă	P_1	P_2
Înainte de comutare	$-E_{ref}$	$\frac{-E_{ref} \cdot R_4}{R_1 + R_2 + R_4}$
După comutare	$+E_{ref}$	$\frac{-E_{ref} \cdot R_4}{R_1 + R_2 + R_4} + 2E_{ref}$

Ecuația diferențială care descrie variația tensiunii U_C la bornele condensatorului C_2 este:

$$(R_1+R_2)\left\{C_2\frac{dU_C}{dt}+\frac{1}{R_4}[-E_{ref}-(E_{ref}-U_C)]\right\}= = E_{ref}-U_C, \quad (3)$$

sau:

$$\frac{dU_C}{dt}+K_1U_C=K_2 \quad (4)$$

cu $K_1=\frac{R_1+R_2+R_4}{C(R_1+R_2)}$

$$K_2=\frac{2(R_1+R_2)+R_4}{R_1+R_2}$$

Ținînd seama de condițiile la limită

$$U_{C(0)}=U_{P_1}-U_{P_2}=-\frac{R_1+R_2}{R_1+R_2+R_4}\cdot E_{ref}$$

se obține pentru tensiunea U_C la bornele condensatorului C_2:

$$U_C=\frac{E_{ref}}{R_1+R_2+R_4}\left\{[2(R_1+R_2)+R_4]-\right.$$

$$\left.-[3(R_1+R_2)+R_4]\ e^{-\frac{R_1+R_2+R_4}{C_2R_4(R_1+R_2)}\cdot t}\right\} \quad (5)$$

Ieşirea comparatorului comută la limita inferioară, cînd $U_C = 0$, adică :

$$2(R_1 + R_2) + R_4 - 3\,[(R_1 + R_2) + R_4] \cdot e^{-\frac{R_1 + R_2 + R_3}{C_2 R_4 (R_1 + R_2)} \cdot t} = 0 \qquad (6)$$

Din relaţia (6) se obţine timpul în care ieşirea comparatorului este la nivel ridicat :

$$t = -\frac{C_2 R_4 (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_4} \ln \frac{2(R_1 + R_2) + R_4}{3(R_1 + R_2) + R_4} \qquad (7)$$

Pentru perioada de lucru a integratorului $T = 160$ ms şi perioada de basculare a comparatorului $t = 54$ μs, caracteristica tensiune intrare — frecvenţă ieşire este reprezentată în figura 6.

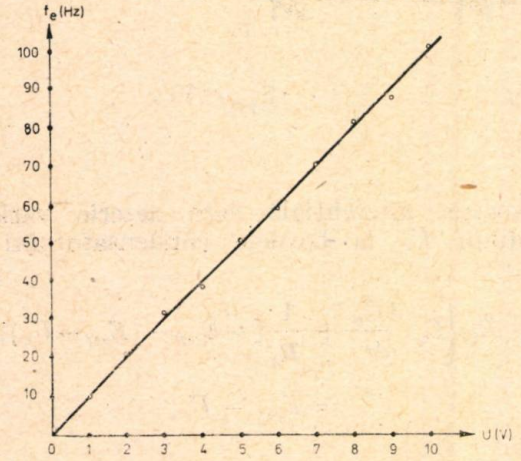


Fig. 6. Caracteristica $f_e = f(U_i)$ a integratorului.

2.5. *Circuitul divizor şi elementul de contorizare* (fig. 7)

Elementul de contorizare este un numărător electromecanic cu şase decade. Deoarece acesta

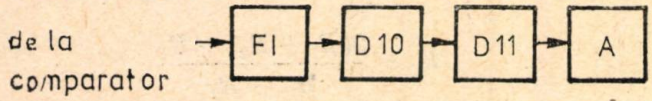


Fig. 7. Circuitul divizor şi elementul de contorizare : *FI* — formator impuls ; *D* 10, *D*11 — divizor cu 10, respectiv cu 11 ; *A* — amplificator final.

are capacitatea de afişare limitată, este necesară introducerea unui element de disipare, în aşa fel încît pentru pierderi maxime în decursul unei perioade stabilite (de exemplu o lună) să ne putem încadra în capacitatea de afişare a numărătorului.

Circuitul de divizare este realizat cu două circuite integrate TTL (CDB 493) în montaj de divizor cu 10, respectiv cu 11, rezultînd o divizare totală cu 110.

În prealabil, semnalul de ieşire al comparatorului este format în limita 0—5 V, prin intermediul formatorului de impuls, pentru a realiza compatibilitatea între comparator şi circuitele integrate TTL.

Ieşirea divizorului atacă un amplificator tranzistorizat, avînd ca element final bobina numărătorului electromecanic cu şase decade.

Avantajul acestui tip de afişare, faţă de un afişaj electronic, constă în faptul că, în cazul dispariţiei tensiunii de alimentare (situaţie accidentală), informaţia înscrisă pe contor nu dispare (nu se şterge).

3. Concluzii

Lucrarea prezintă un contor electronic pentru măsurarea pierderilor de energie electrică pe liniile electrice de transport, realizat cu circuite integrate. Rezultatele experimentale obţinute cu acest contor în laborator au condus la erori sub 1,5 %.

Constantele contorului de pierderi depind de tipul constructiv al liniei, de conductorul utilizat şi de lungimea liniei. Elementele de scară pentru tensiune şi curent trebuie astfel corelate, încît operaţia de însumare între GU şi RI^2 să se facă la aceeaşi unitate de măsură.

Bibliografie

[1] * * * *Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981 — 1990 şi orientările principale pînă în anul 2000.* Editura politică, Bucureşti, 1979.

[2] * * * *Studiu privind măsurile de reducere a consumului propriu tehnologic în transportul şi distribuţia energiei electrice, în vederea realizării sarcinilor primite de la conducerea superioară de partid şi de stat.* CIEET — DRE — ICEMENERG, Bucureşti, 1977.

[3] Darie, S. *Căi şi mijloace de reducere a consumului propriu tehnologic în procesul de transport şi distribuţi a energiei electrice.* Simpozion Cluj-Napoca, aprilie 1980.

[4] Herşcovici, H. *Circuite integrate în aparatura de automatizare.* Editura tehnică, Bucureşti, 1976.

[5] Tutze, O. şi Schenk, C. *Analogmultiplizierere m Stromverteilungssteuerung.* În : Elektronik, 1971, Heft

[6] * * * *Catalog de circuite integrate liniare.* I.P.R. Băneasa, Bucureşti, 1979.

[7] * * * *Linear Four Quadrant Multiplier Integrated Circuit MC 1595L ; MC 1495L.* Documentaţie Motorola Semiconductors, S.U.A., 1969.

(Articol intrat în redacţie la 29 septembrie 1981)

Puterea electrică netă în regim de termoficare în perioadele de reducere a livrărilor de căldură prin apă fierbinte

Ing. **Vl. Nicu***)

În centralele electrice cu termoficare se urmărește permanent ca puterea electrică în regim de termoficare, efect al alimentării cu căldură, prin apă fiebinte, a consumatorilor, să fie, în condiții relative date, maxime.

Se au în vedere cazurile de livrare a căldurii caracterizate prin reduceri temporare ale debitului de apă vehiculat și ale încălzirii acesteia, într-o rețea de termoficare închisă.

Puterea netă în regim de termoficare (considerînd drept consumatori interni principali electropompele de rețea) este dată de expresia:

$$P_{TN} = P_T - P_{siR} = \frac{\xi \cdot D_p \cdot H_{0T} \cdot \eta}{860} - P_{siR}, \quad (1)$$

unde:

P_{TN} este puterea electrică netă în regim de termoficare;

D_p — debitul de abur prelevat din priza echivalentă de joasă presiune pentru încălzirea apei;

H_{0T} — destinderea utilă a aburului în turbină, corespunzătoare debitului de abur prelevat de schimbătorul de căldură al rețelei;

$\eta = \eta_m \eta_g$ — produsul dintre randamentul mecanic al turbinei și randamentul generatorului;

P_{siR} — consumul propriu de putere aferent electropompelor de rețea;

ξ — coeficient care ține seama de condensatul secundar din debitul prelevat.

Variația debitului (W_r) și a încălzirii (Δt) apei în rețea atrage după sine modificarea componentelor puterii P_T și P_{siR}. Astfel, creșterea finită a lui W_r provoacă creșterea lui P_{siR} cu ΔP_{si}, iar, ca urmare a reducerii presiunii de saturație în schimbătorul de căldură, scade destinderea H_{0T} cu ΔH și puterea turbinei P_T cu ΔP_T. Pentru ca creșterea lui W_r să fie eficientă, trebuie îndeplinită permanent condiția:

$$\Delta P_T \geqslant \Delta P_{si} \quad (2)$$

Parametrii de bază ai schimbătorului de căldură echivalent (din incinta CET), și anume căldura livrată, Q_r, încălzirea apei, Δt, debitul de abur prelevat, D_p, respectiv debitul de apă în rețea, W_r, pot fi exprimați în funcție de $\bar{Q}$ — debitul relativ de căldură livrat.

Mai întîi se stabilește că:

$$\frac{Q}{Q_0} = \bar{Q}; \quad \frac{W_r}{W_{r0}} = \bar{W}_r; \quad \frac{\Delta t}{(\Delta t)_0} = \overline{\Delta t}, \quad (3)$$

iar, pe baza acestora, se deduc relațiile care vor fi luate în considerare în calculele ulterioare:

$$\bar{W}_r = (\overline{\Delta t})^{-1} \cdot \bar{Q} = \bar{Q}^m,$$

$$\Delta t = \varkappa \cdot \bar{Q}^{1-m} \left(\varkappa = \frac{Q_0}{c \cdot W_{r0}} \right), \quad (4)$$

$$D_p = \frac{Q_0 \bar{Q}}{r},$$

în care:

$Q_0, W_{r0}, (\Delta t)_0$ sînt parametrii de referință ai schimbătorului de căldură, luați arbitrar;

m — exponent subunitar pozitiv, nul sau negativ;

r — căldura de vaporizare la presiunea de saturație din schimbătorul de căldură echivalent;

c — căldura specifică a apei.

Totodată, pentru temperatura de saturație, t_s, din schimbătorul de căldură, destinderea utilă a aburului în turbină, H_{0T}, și pentru consumul de putere, P_{siR} (admițîndu-se liniar) al electropompelor de rețea, se scriu relațiile:

$$t_s = t_0 + \delta t + k\varkappa \bar{Q}^{1-m} \left(k = \frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_2} \approx \text{const.} \right),$$

$$H_{0T} = D_i - r - k\varkappa \bar{Q}^{1-m} (\Delta i = i_0 - t_0 - \delta t), \quad (5)$$

$$P_{siR} = P_{s0} + \beta \bar{Q}^m,$$

unde:

t_0 este temperatura mediului exterior;

t_1 — temperatura apei în rețea la plecare;

t_2 — temperatura apei în rețea la sosire;

P_{s0} — consumul de mers în gol al electropompelor de rețea;

β — panta caracteristicii de consum a electropompelor de rețea;

i_0 — entalpia aburului la intrare în turbină;

δt — căderea termică în schimbătorul de căldură;

k — constantă a raportului dintre diferențele de temperatură.

Ținînd seama de relațiile (5), puterea netă în regim de termoficare (considerînd că în schimbătorul de căldură echivalent se condensează abur saturat uscat de joasă presiune) capătă aspectul:

$$P_{TN} = \frac{\xi \cdot \eta \cdot Q_0}{860 \cdot r} [(\Delta i - r)\bar{Q} - k \cdot \varkappa \cdot \bar{Q}^{2-m}] - \beta \bar{Q}^m - P_{s0}, \quad (6)$$

*) Ing. Vladimir Nicu lucrează la Centrala electrică de termoficare Brazi.

care, pentru $\bar{Q} = 1$, devine:

$$P_{TN} = \Big|_{\bar{Q}=1} = \frac{\xi \cdot \eta \cdot Q_0}{860 \cdot r_1} (\Delta i - r_1 - k\varkappa) - \beta - P_{s0}. \tag{7}$$

Din punctul de vedere al optimizării prezintă interes, datorită unor simplificări, puterea netă relativă (mărime adimensională):

$$\bar{P}_{TN} = \frac{P_{TN}}{P_{TN}|_{\bar{Q}=1}} = \frac{p_1}{r} [(\Delta i - r)\bar{Q} - k \cdot \varkappa \cdot \bar{Q}^{2-m}] - p_2 \cdot \bar{Q}^m p_{s0}, \tag{8}$$

în care:

$$p_1 = \frac{\xi \eta_1 Q_0}{860\ P_{TN}|_{\bar{Q}=1}}$$

$$p_2 = \frac{\beta}{P_{TN}|_{\bar{Q}=1}},$$

$$p_{s0} = \frac{p_{s0}}{p_{TN}|_{\bar{Q}=1}}.$$

Se poate constata că influența lui r asupra lui $\bar{P}_{TN}$ nu este semnificativă, putîndu-se deci neglija.

Maximul expresiv (8) rezultă considerînd ecuația integro-deferențială:

$$\frac{\partial}{\partial m} \int_0^1 \bar{P}_{TN} \cdot d\bar{Q} = \frac{\partial}{\partial m} \int_0^1 \{p_T [(\Delta i - r)\bar{Q} - k\varkappa \bar{Q}^{2-m}] - p_2 \bar{Q}^m - p_{s0}\} d\bar{Q} = \frac{p_T \cdot k\varkappa}{(3-m)^2} - \frac{p_2}{(1+m)^2} = 0 \tag{9}$$

care permite determinarea lui m:

$$m_k = \frac{3\sqrt{\frac{p_2}{P_T \cdot k\varkappa}} - 1}{\sqrt{\frac{p_2}{P_T \cdot k\varkappa}} + 1} < 0 \quad (p_T = p_1/r) \tag{10}$$

Se observă că puterea netă în termoficare se obține în cazul unui exponent m_k negativ.

Deoarece:

$$-1 < m_k < 0,$$

expresia puterii nete relative $P_{TN} = \Phi(\bar{Q}, m)$ este o familie de curbe avînd ca parametru m, care sînt concurente la extremitatea minimă ($\bar{Q} = \bar{Q}_{min}$) și la extremitatea maximă ($\bar{Q} = 1$) ale curbelor respective. Conform (10), la debite calorice parțiale livrate rețelei de termoficare, debitul relativ de apă $\bar{W}_r$ va fi calculat după relația

$$\bar{W}_r = \bar{Q}^{-|m_k|},$$

prin aceasta obținîndu-se o creștere a puterii nete în regim de termoficare, respectiv îndeplinindu-se permanent condiția (2). Ca urmare, temperatura apei pe turul rețelei de termoficare se va diminua, fără a fi lezate substanțial pretențiile consumatorilor termici.

Exemplu de calcul

În cele ce urmează se vor stabili funcția puterii nete $\bar{P}_{TN}$ și exponentul m, dîndu-se:

$(\Delta t)_0 = 80°C$; $\eta_m \eta_g = 0,98$; $i_0 = 840,2$ kcal/kg;

$W_{r0} = 3000$ t/h; $t_0 = 20°C$;

$\zeta \approx 1,02$; $P_{si_R}|_{\bar{Q}=1} = 806 + 0,308 \cdot W_{r0} \bar{Q}^m = 806 + 0,308 \cdot 3000 = 1731$ kW;

$\delta t \approx 3°C$; $r_1 = r_1(t_{s1}) = 507,2$ kcal/kg; $k = 130/80 = 1,625$;

$k\varkappa = 1,625 \cdot 80/1,004 = 130°C$; $p_T = 2,83/507,2 = 10^{-4} \cdot 56$;

$p_2 = 10^{-4} \cdot 94.$

Rezultă:

$$P_{TN}|_{\bar{Q}=1} = \frac{1,02 \cdot 80 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,98}{860 \cdot 507,2} (840,2 - 20 - 3 - 507,2 - 130) - 1731 = 98\,662 \text{ kW};$$

$$m_k = \frac{3\sqrt{\frac{507,2 \cdot 10^{-4} \cdot 94}{2,83 \cdot 130}} - 1}{\sqrt{\frac{507,2 \cdot 10^{-4} \cdot 94}{2,83 \cdot 130}} + 1} = -0,577;$$

$$\bar{P}_{TN}|_{m=0,577} = 10^{-4} \cdot 56 (310 \cdot \bar{Q} - 130 \cdot \bar{Q}^{2,577}) - 10^{-4} \cdot 94 \cdot \bar{Q}^{-0,577} - 10^{-4} \cdot 81,7;$$

$$\bar{P}_{TN}|_{m=0} = 10^{-4} \cdot 56 (310 \cdot \bar{Q} - 130 \cdot \bar{Q}^2) - 10^{-4} \cdot 175,7.$$

Expresiile puterilor nete relative au reprezentarea grafică din figura 1.

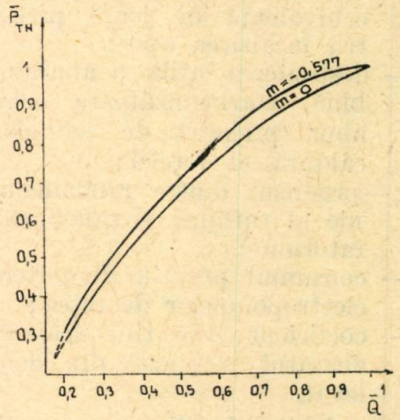


Fig. 1. Variația puterii nete relative în regim de termoficare.

Concluzii

Optimizarea puterii nete în regim de termoficare, datorită unei rețele de termoficare prin apă fierbinte închise, oferă unele rezultate interesante.

Parametrii luați în calcul depind de $\bar{Q}$ și de m, existînd multiple cazuri de variație a acestora.

Prin condiția de determinare a exponentului m apare posibilitatea predeterminării parametrilor puterii nete maxime în regim de termoficare, aceasta conducînd la creștere gradului de termoficare al CET și deci la reducerea consumului de combustibil.

(Articol intrat în redacție la 24 decembrie 1981)

isteme de captare a energiei olare cu concentratoare ilindro-parabolice*)

Prof. dr. ing. **Alex. Dănescu**
Conf. dr. ing. **Stoian Petrescu**
Șef lucr. dr. ing. **Nicolae Băran**
Șef lucr. dr. ing. **Octavian Mălăncioiu**
Șef lucr. ing. **Stanca Trifan**
Asist. ing. **Alex. Chisacof**
— Institutul politehnic București —

Catedra de termotehnică și mașini termice din stitutul politehnic București a elaborat cer-tări — în cadrul unui contract încheiat cu stitutul de cercetări pentru industria electro-hnică (ICPE) — privind realizarea unor cap-toare solare cu concentratoare cilindro-para-lice de performanțe ridicate.

În baza rezultatelor studiilor teoretice și ex-rimentale efectuate în perioada 1977—1981, realizat un cazan solar de abur în soluție odulară, compus din șase module, fiecare ind suprafața concentratorului cilindro-para-lic de 16 m² (4m × 4m).

În figura 1 se prezintă vederea generală a zanului solar.

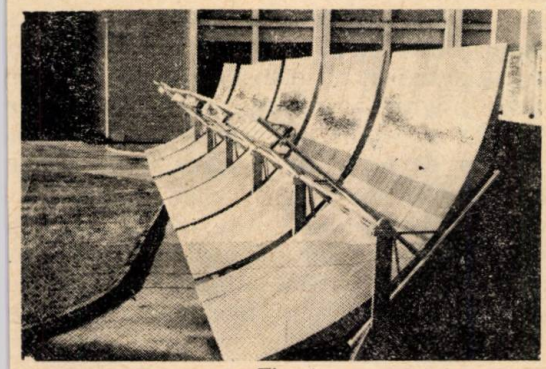


Fig. 1

În cadrul cercetărilor efectuate, pentru a tea compara performanțele ce se pot obține oglinzi cilindro-parabolice de deschideri D, u experimentat oglinzi cu deschiderile : = 1 ; 2 ; 3 ; 4 m și cu unghiul U, corespunză-extremității oglinzii, de 60° (fig. 2).

În tabelul 1 sînt prezentate valorile distan-focale, săgeții oglinzii și lățimii teoretice experimentale maxime admisibile ale foca-ui pentru cele patru valori luate în conside-e pentru deschiderea oglinzii D.

Realizarea practică a concentratorului cilin-o-parabolic s-a orientat pe două direcții ncipale din punctul de vedere al materialului l destinației. Astfel, s-a început cu realizarea ui concentrator cilindro-parabolic din oțel x, cu deschiderea $D = 1$ m.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenerge-nilor din România. Brașov, 3—5 decembrie 1981.

În baza rezultatelor încurajatoare obținute cu acest concentrator ($D = 1$ m), s-a trecut la proiectarea concentratorului din oțel inox cu deschiderea de 2 m și a celui cu deschiderea de 4 m, realizîndu-se în final concentratoare cu deschiderea de 4 m, confecționate din tablă de aluminiu lustruită.

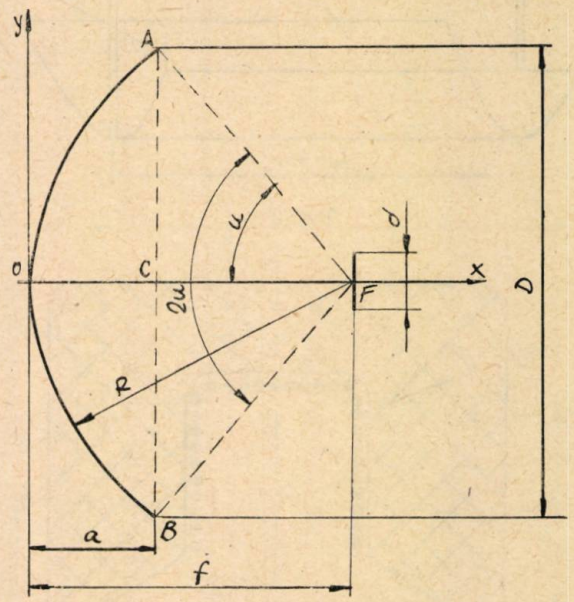


Fig. 2

Tabelul 1

Deschiderea	Distanța focală	Săgeata oglinzii	Lățimea focarului		Factorul de concentrare
			teoretic	experimental	
D m	$f = \frac{3}{4}$ m	$a = \frac{3}{12} D$ m	$d_{Ft} = \frac{D}{100}$ m	$d_{Fe} = \frac{D}{10}$	C*)
1	0,433	0,144	0,01	0,1(0,028)**)	35
2	0,866	0,287	0,02	0,2(0,050)**)	40
3	1,299	0,433	0,03	0,3	—
4	1,732	0,577	0,04	0,4(0,12)**)	33

*) factorul de concentrare a radiației (raportul între suprafața proiecției oglinzii în planul perpendicular pe raza solară și suprafața liniei focale).
**) Valorile din paranteze sînt obținute experimental.

Au fost studiate, realizate și testate trei tipuri de receptoare, și anume : tip U cu circulație unică, tip V cu circulație multiplă, tip plan cu circulație unică. În toate cazurile au fost utilizate țevi din oțel și țevi din cupru cu dimensiunile 8/10 mm sau 10/12 mm.

În figurile 3 și 4 sînt prezentate modul de amplasare și forma captatorului plan.

Receptoarele au fost încercate, într-o primă etapă, pentru a stabili performanțele acestora în ceea ce privește valoarea „temperaturii de echilibru" și distribuția temperaturilor pe lățimea receptorului. Rezultatele obținute cu receptoarele plane sînt prezentate în tabelul 2.

În figura 5 se prezintă distribuția temperaturilor pe lățimea receptorului (în focar), considerînd temperaturile de echilibru. Aceeași alură a curbei de distribuție a temperaturilor

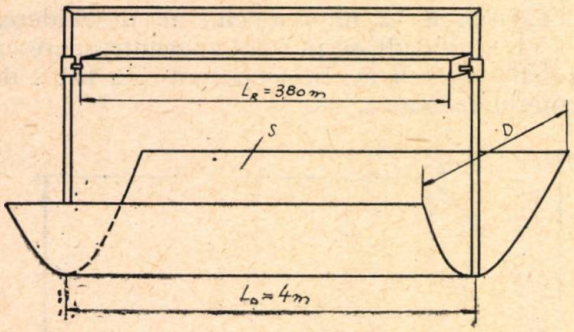


Fig. 3

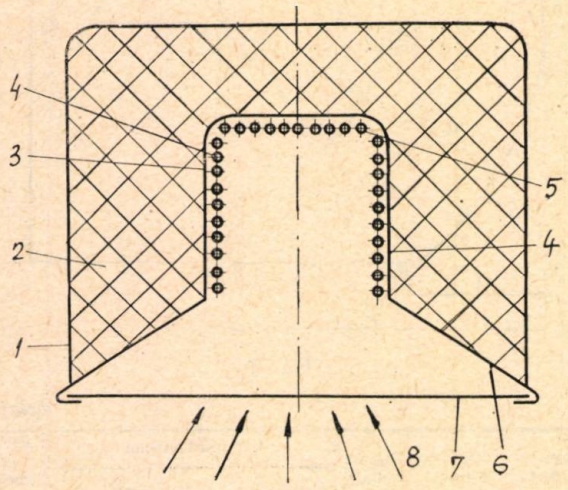


Fig. 4

Tabelul 2

Oglinda nr.		D m	L_0 m	S m²	Tipul receptorului	Temperatura maximă de echilibru °C
1		1	0,2	0,2	Eprubetă de sticlă cu cărbune	300
2		2	1	2	Trei tuburi de cupru în serie U	310
3		4	2	8	Serpentină de oțel tip U	350
4	a	4	3	12	Țevi de oțel cu circulație naturală, în V	350
	b	4	3	12	Receptor plan din Cu neizolat și nevopsit	350
	c	4	3	12	Receptor plan din Cu — vopsit — nevopsit	350
	d	4	3	12	Receptor plan din Cu — vopsit — izolat cu un strat	350

în focar (pe lățimea receptorului) s-a obținu și în cazul circulației apei prin țevi (evider cu alte valori ale temperaturilor). Se remarc faptul că temperatura medie în focar este d circa 0,7 față de temperatura maximă în centru focarului.

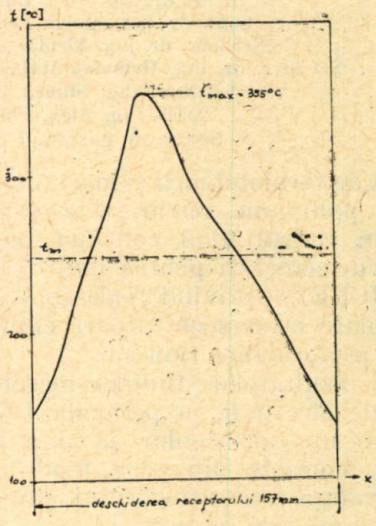


Fig. 5

Cazanul solar, construit din șase module c concentratoare cilindro-parabolice, este așez pe direcția est-vest, iar pentru urmărirea so relui este prevăzut cu o instalație de automat zare care asigură orientarea oglinzilor. Motor electric de acționare a cazanului este coma dat de un detector solar, care dă informa asupra poziției soarelui.

În figura 6 sînt prezentate rezultatele exp rimentale obținute cu cazanul solar, acțion cu ajutorul instalației de automatizare a mișc rii de urmărire a soarelui, în două zile cu inte

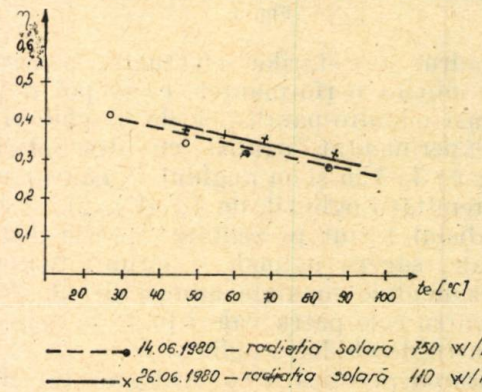


Fig. 6

sități diferite ale radiației solare, între or 13 și 15 (o zi cu intensitatea radiației solare 1100 W/m² și o altă zi cu 755 W/m²). Rand mentul de conversie fototermică a rezultat în 0,35 la 50°C și 0,25 la 100°C.

În 1981, pe baza contractului de cercetare cu CPE, s-a realizat un concentrator cilindro-parabolic de 7 m², având deschiderea de 2,5 m, distanța focală de 1,082 m, construit din oglindă de sticlă argintată, cu care s-au obținut performanțe superioare captatorului construit din tablă de aluminiu (fig. 7).

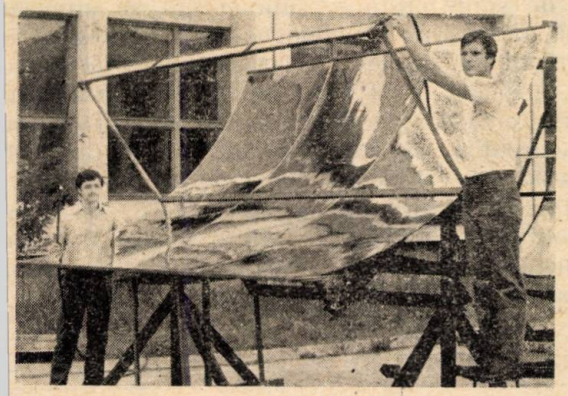


Fig. 7

Captatorul este prevăzut a se realiza în soluție modulară, fiind compus din șase module, suprafața totală fiind de 6×7 m² = 42 m². Instalația automată de urmărire a mișcării soarelui este identică cu cea de la cazanul solar prezentat anterior.

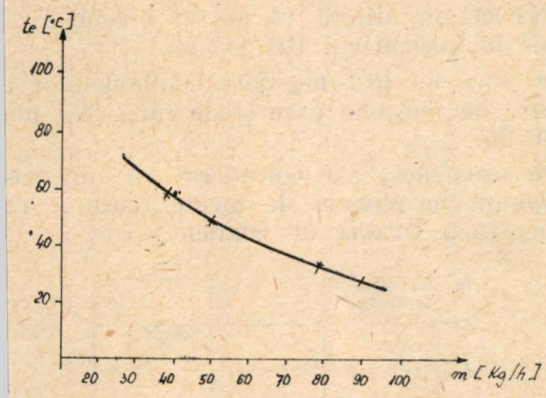


Fig. 8

Acest captator a fost experimentat în vara anului 1981, obținîndu-se performanțe încurajatoare. În figura 8 este prezentată, pentru un debit de 7 m², variația temperaturii de ieșire a apei din receptor în funcție de debit, pentru o intensitate a radiației solare de 700 W, iar în figura 9 variația randamentului de conversie fototermică al captatorului în funcție de temperatura apei la ieșirea din receptor. Se constată o îmbunătățire a randamentului acestui tip de captator cu circa 5% față de captatorul construit din tablă de aluminiu.

În baza cercetărilor și realizărilor menționate, ICPE împreună cu Uzina „Autobuzul" au elaborat tehnologia de fabricație pentru construirea în producție de serie a acestui tip de cazan solar.

De asemenea, tot pe baza acestor rezultate, au fost realizate : un cazan solar cu concentratoare cilindro-parabolice în soluție modulară cu oglinzi de aluminiu șlefuite, de 100 m², ex-

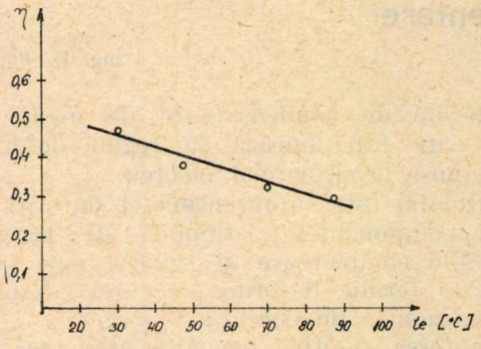


Fig. 9

perimentat în condiții industriale la Uzina „Progresul"-București (1 modul de 100 m²) și la Ferma „30 Decembrie" (4 module de 100 m² = 400 m²) în cadrul unei instalații frigorifice de produs gheață (Institutul de construcții București).

Bibliografie

[1] Petrescu, St., Dănescu, Al., Bucurenciu, S. *1—10 kW solar power plant with cylindrical-parabolic concentrators.* Proceedings of the Romanian-Austrian Symposium „Technologies for the Utilization of Solar Energy", București, 15—17 ianuarie 1979.

[2] Dănescu, Al., Bucurenciu, S., Petrescu, St. *Utilizarea energiei solare.* Editura tehnică, București, 1980.

[3] Petrescu, St., Dănescu, Al., Ștefănescu, D., Duicu, T., Dimitriu, S. *Studiul și realizarea unui concentrator cilindro-parabolic pentru centrale electrice solare.* În : Bul. Inst. politehnic București, seria Mecanică, Tom XLI, nr. 1, 1979.

[4] Petrescu, St., Dănescu, Al., Bucurenciu, S. *1 kW solar power plant with cylindrical parabolic concentrator of 100 m².* Proceedings of International Solar—Week, Istambul, 4—8 mai 1981.

[5] Petrescu, St., Dănescu, Al., Băran, N. *Combined solar power plants for irrigation and for heating greenhouses using modular cylindrical parabolic concentrators.* În : Energy Conservation and Use of Renewable Energies in Bio-Industries, editat de F. Vogt, Pergamon Press Oxford and New York, 1981, p. 417—421.

Evaluarea efectelor regimului deformant asupra bateriilor de condensatoare prin măsurarea coeficientului de distorsiune a tensiunii de alimentare

Ing. M. Popescu*)

Bateriile de condensatoare de medie tensiune care funcţionează în regim deformant sînt supuse următoarelor efecte:

— izolaţia este supratensionată datorită prezenţei componentelor armonice de tensiune;

— căile conductoare şi izolaţia sînt suprasolicitate termic datorită prezenţei componentelor armonice de curent;

— puterea reactivă generată este mai mare datorită prezenţei componentelor armonice de putere reactivă.

Conform prescripţiilor în vigoare în R.S. România, valorile care limitează aceste efecte sînt:

— supratensiunea nu trebuie să depăşească 1,1 U_n;

— supracurentul nu trebuie să depăşească 1,3 I_n;

— suprasarcina nu trebuie să depăşească 1,43 Q_n.

Determinarea supratensiunii, a supracurentului şi respectiv a suprasarcinii bateriei de condensatoare se poate realiza:

— în mod direct, cu voltmetre şi ampermetre de valoare efectivă, cum sînt aparatele termice, şi, respectiv, cu PQDmetrul;

— în mod indirect, prin analiză armonică şi calculul coeficienţilor corespunzători celor trei efecte mai sus-amintite, cu ajutorul unui program de calcul, cum este programul REGDEF, realizat de ICEMENERG şi aflat în curs de implementare în biblioteca ELECTRA la Oficiul de calcul C.I.R.E., după care valorile nominale ale tensiunii, curentului şi, respectiv, ale sarcinii bateriei de condensatoare se multiplică cu aceşti coeficienţi.

În cele ce urmează se prezintă evaluarea supratensiunii, supracurentului şi suprasarcinii bateriei de condensatoare în condiţiile de funcţionare a reţelei de distribuţie din România, folosind coeficientul de distorsiune a tensiunii de alimentare obţinut prin măsurare cu distorsiometrul, cum este cel produs de IEMI, tip E—0706.

*) Ing. Marius Popescu este cercetător ştiinţific la ICEMENERG.

S-au calculat mai întîi coeficientul de di torsiune al tensiunii de alimentare şi coeficie ţii de supratensiune, supracurent şi suprasa cină ai bateriei de condensatoare în regim d formant în funcţie de componentele armoni de tensiune, după care s-a trasat diagrama variaţie a coeficienţilor de supratensiune, s pracurent şi suprasarcină în funcţie de coe cientul de distorsiune.

Pentru efectuarea calculelor s-au consider următoarele niveluri maxime atinse de co ponentele armonice impare de tensiune rang mai mic decît 25:

rang (ν)	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
nivel (%)	5,6	5,3	2,5	2	3,8	1,5	1	1	1	1	1

Acest tabel a rezultat prin alegerea pent fiecare componentă armonică de tensiune valorii celei mai mari dintre nivelul detern nat prin măsurări efectuate în reţeaua de m die tensiune şi la consumatori deformanţi către diferite colective de cercetare din IC MENERG în ultimii 15 ani şi nivelul lim admis în normativul PE 143/80.

În plus, au fost neglijate componentele monice de tensiune pare şi de rang mai m decît 25.

De asemenea, s-a considerat că nu exi rezonanţă în reţeaua de medie tensiune c alimentează bateria de condensatoare.

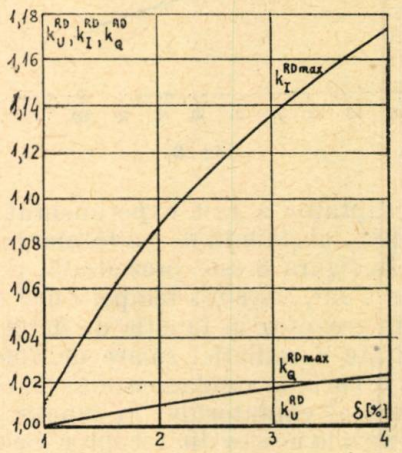


Fig. 1. Diagrama de variaţie a coeficienţilor de supra siune, supracurent şi suprasarcină în regim deformant funcţie de coeficientul de distorsiune al tensiunii care mentează bateria de condensatoare.

La trasarea diagramei, pentru coeficie de supracurent şi suprasarcină s-au conside valorile maxime rezultate din calcul.

Din diagramă rezultă că în lipsa rezonanței
i pentru coeficienți de distorsiune a tensiunii
e alimentare de pînă la 4%, așa cum este
dmis în normativul PE 143/80:
— izolația bateriilor de condensatoare nu
ste afectată de prezența componentelor ar-
ıonice de tensiune;
— supracurentul prin bateria de condensa-
)are nu depășește valoarea maximă admisă;
— sarcina bateriei de condensatoare crește
uțin.

Concluzii

Regimul deformant caracteristic rețelei de medie tensiune din România, limitat la nivelurile admise prin normativul PE 143/80 pentru coeficientul de distorsiune a tensiunii, nu afectează siguranța în funcționare a bateriilor de condensatoare.

(Articol intrat în redacție la 16 octombrie 1981)

Invenții-inovații*)

'rocedeu și instalație de aditivare păcurii sulfuroase prin dozare u pompă cu roți dințate, aferentă azanelor mari de abur și apă erbinte

rere brevet nr. 96441
'evet România nr. 75570
ıtori: ing. Vana Viorica Neațu, ing. Georgeta Magdalena Matei, ing. Florin Vasile, dr. chim. Maria Maftei și ing. Pătra Dordea
tular: Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) — București

Invenția de față se referă la un procedeu și la o instalație aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu pompă cu ți dințate aferentă cazanelor mari de abur și apă fierbinte, care aditivul de combustie (fabricat conform brevetului invenție R.S.R. nr. 61443) — suspensie coloidală de id de magneziu în ulei mineral — este injectat în conducta păcură.

Aditivii de combustie a păcurii cu conținut ridicat de sulf vanadiu sînt utilizați în scopul reducerii intensității feno-ıenelor de coroziune de joasă și de înaltă temperatură și al abilizării depunerilor.

Sînt cunoscute procedee și instalații de aditivare a păcurii lfuroase în care sînt utilizați diverși aditivi; aceștia sînt roduși fie în combustibil — direct într-un rezervor-tampon ı înainte de injector cu ajutorul unei pompe dozatoare —, direct în cazan — atît în mod continuu, în zona de comstie, cît și discontinuu, în zona depunerilor. Aceste proiee prezintă o serie de dezavantaje; spre exemplu, procele în care insuflarea aditivului are loc direct în cazan au ficiență redusă, întrucît reacția de formare a anhidridei furice și a pentaoxidului de vanadiu, elementele nocive e duc la apariția fenomenelor de coroziune de joasă, restiv de înaltă temperatură, are loc anterior introducerii tivului în focar. În cazul utilizării procedeelor prin care tivul este introdus în combustibil direct într-un rezervorıpon, apar ca dezavantaje atît faptul că nu se realizează ımestecare intimă a acestuia cu păcura sulfuroasă, deci se obține o bună omogenizare, cît și acela că se creează ibilitatea sedimentării aditivului în timp, atît pe fundul ervorului, cît și pe conductele spre arzător, deci a unor ntuale obturări ale secțiunii conductei de combustibil chiar a unor înfundări.

Procedeele de aditivare cu ajutorul pompelor dozatoare înlătură dezavantajele procedeelor menționate, dar instalațiile aferente sînt puțin robuste și creează dificultăți în exploatare.

Procedeul ce constituie obiectul acestei invenții înlătură dezavantajele menționate prin aceea că permite o amestecare intimă a aditivului fabricat conform brevetului R.S.R. nr. 61443 cu combustibilul, ceea ce duce la diminuarea substanțială a efectelor coroziunilor și depunerilor, concomitent cu utilizarea unei instalații simple și robuste, care asigură creșterea siguranței în exploatare.

Aditivul de combustie se dozează în funcție de conținutul de sulf și de vanadiu din păcură, de valoarea excesului de aer și de starea suprafețelor schimbătoare de căldură.

Doza optimă de aditiv injectată se calculează astfel încît raportul gravimetric dintre conținutul de magneziu din aditiv și cel de vanadiu din păcură să fie: $Mg/V = (1{,}8 - 2{,}8)/1$. La arderea păcurii cu un conținut de sulf de 2,5—3,3% și de vanadiu de 50—80 p.p.m., într-un cazan de 420 t/h abur, cu un exces de aer de 7—25%, s-a constatat că prin aditivare are loc o scădere a conținutului de anhidridă sulfurică în gazele de ardere de la 25—45 p.p.m. la 7—12 p.p.m., ceea ce duce la o scădere a punctului de rouă acid cu 18—28°C. Ca urmare are loc o reducere a coroziunii sulfurice (de joasă temperatură) cu 50—70%. De asemenea, aditivarea are ca efecte diminuarea intensității procesului de coroziune vanadică (de înaltă temperatură) cu circa 80% și friabilizarea depunerilor.

Procedeul de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu pompe cu roți dințate la cazanele mari de abur și apă fierbinte se realizează prin intermediul unei instalații în cadrul căreia are loc introducerea aditivului în conducta de păcură cu ajutorul unei pompe cu roți dințate, reglarea debitului de aditiv efectuîndu-se prin recirculare în rezervorul de consum.

În cele ce urmează se dă un exemplu de realizare a invenției.

Instalația (fig. 1) se compune dintr-un rezervor de consum *1*, din care aditivul, aflat la temperatura de 20—40°C și presiunea atmosferică, este aspirat de pompa cu roți dințate *2* și refulat în conducta de păcură *3*, între treapta I și a II-a de pompare. Robinetele cu cap cu două căi prevăzute în schemă (*4*, *5*, *6*) au următoarele roluri: *4* — de separare; *5* — de separare și de reglare a debitului de aditiv; *6* — de reglare a debitului de aditiv prin recirculare în rezervorul de consum. Schema instalației prevede, de asemenea, un ventil de reținere a păcurii *7*.

*) Rubrică alcătuită de ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG.

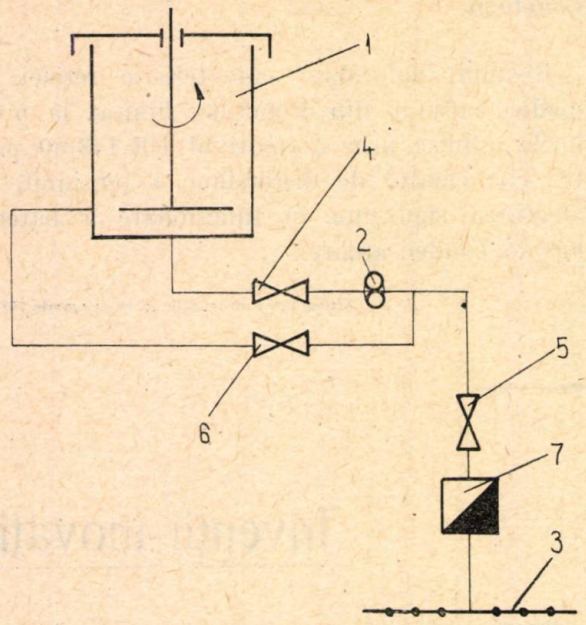


Fig. 1. Schema instalației de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu pompă cu roți dințate aferentă cazanelor mari de abur și apă fierbinte.

Prin deschiderea robinetelor *4* și *6* și pornirea pompei *2* are loc recircularea aditivului în rezervor (fapt ce produce fluidizarea acestuia, întrucît are proprietatea de a fi tixotropic); dozarea aditivului se realizează prin reglarea robinetelor *5* și *6* la diviziunile corespunzătoare debitului de păcură utilizat la cazan și dozei de aditiv prescrise.

Controlul debitului de aditiv injectat (calculat în funcție de cantitatea orară de păcură folosită la cazan) se realizează printr-un sistem de urmărire a nivelului aditivului în rezervorul de consum (mira cu flotor etc.).

În instrucțiunile de exploatare ale instalației se vor indica gradațiile robinetelor *5* și *6* corespunzătoare diferitelor valori ale debitului de păcură și respectiv ale dozei de aditiv.

Pentru evitarea înfundării conductelor cu aditiv, lungimea acestora dintre ieșirea din rezervorul de consum *1* și punctul de injecție în conducta de păcură *3* este de 1,5—3 m.

În cazul în care nu este posibilă amplasarea instalației de dozare a aditivului în imediata vecinătate a gospodăriei de păcură, astfel încît lungimea parcursului aditivului să fie limitată conform celor menționate anterior, se va realiza un raport care să permită ca traseul conductei de refulare al unei pompe de păcură (din treapta I pompare) să fie aproximativ până la distanța de 0,5—1 m de pompa de aditiv.

Procedeul și instalația de aditivare a păcurii sulfuroase prin dozare cu pompă cu roți dințate aferentă cazanelor mari de abur și apă fierbinte prezintă următoarele avantaje:

— se realizează amestecarea aditivului cu combustibilul, fapt ce duce la creșterea eficienței aditivării și, ca urmare, la diminuarea substanțială a efectelor coroziunilor de joasă și de înaltă temperatură și la friabilizarea depunerilor;

— instalația este deosebit de simplă și nu creează probleme de utilaje și materiale;

— exploatarea instalației este simplă și sigură, fapt ce duce la creșterea siguranței în funcționare.

Bibliografie

[1] * * * *Brevete Franța nr. 2.155.917; 2.196.382.*

[2] * * * *Brevete S.U.A. nr. 3.692.503; 3.926.577; 3.980.*

Instalație de redresare cu semiconductoare de înaltă tensiune, utilizînd mediul de răcire izolant: ulei de transformator

Cerere de brevet nr. 96686
Brevet R. S. România nr. 75312
Autor: ing. Adriana Valeria Armencoiu
Titular: Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) — București.

Invenția se referă la o instalație de redresare cu semiconductoare de înaltă tensiune cu răcire în mediul izolant: ulei de transformator, la care elementele semiconductoare înseriate sînt fixate pe plăci de circuit imprimat, într-o carcasă exterioară din material izolant, în care se înglobează și mediul de răcire izolant — uleiul de transformator:

Se cunosc:

— instalații de redresare cu semiconductoare (legate în serie sau în paralel) cu diferite posibilități de răcire prin convecție, cu diferite moduri de aranjare a elementelor semiconductoare și a corpurilor de răcire pentru a se obține o circulație cît mai bună a aerului de răcire sau ghidajul aerului și evacuarea căldurii pentru menținerea temperaturii de exploatare;

— instalații de redresare cu semiconductoare cu izo de gaz sub presiune;

— instalații de redresare cu semiconductoare cu izo în rășini sintetice sau

— instalații de redresare cu semiconductoare cu izo în stearină.

Aceste soluții au dezavantajul că:

— răcirea prin convecție la o instalație de redresare tru tensiuni înalte, care realizează o circulație eficien aerului de răcire, necesită amplasări constructive di (cu diferite unghiuri de înclinare a elementelor față de ticala carcasei) și realizează dimensiuni constructive r avînd în vedere parametrii instalației;

— instalațiile cu gaz sub presiune (utilizat și ca m de răcire) sînt ca soluție constructivă și tehnologică one și necesită măsuri deosebite de exploatare și întreținere

— instalațiile de redresare cu semiconductoare în r nu asigură accesul la diode și la celelalte elemente de pament și deci nu permit înlocuirea elementelor cu even defecțiuni; în plus, tehnologia de turnare constituie o ție oneroasă;

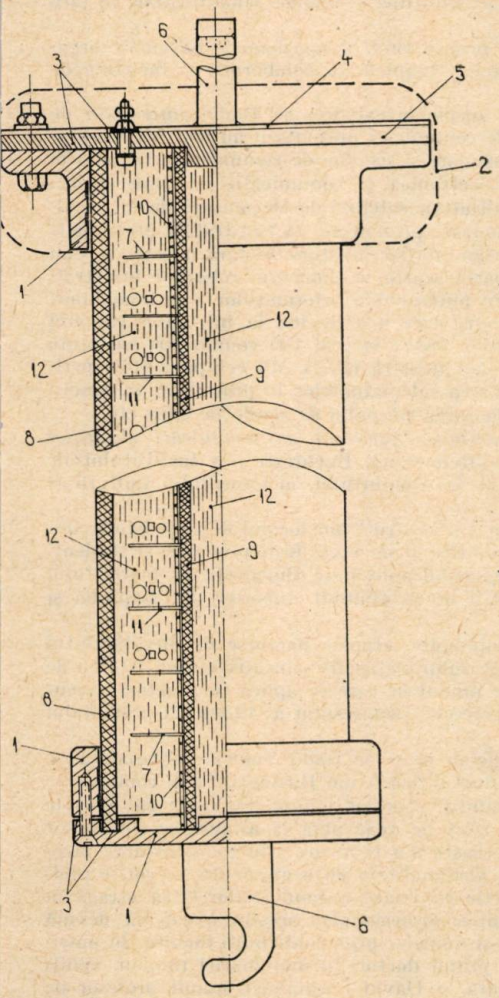
— instalațiile de redresare cu semiconductoare îngl în izolație de stearină, care au dezavantajul unor l impuse de temperatura mediului exterior în care se zează.

Instalația conform invenției elimină dezavantajele ționate prin aceea că, în scopul de a obține o răcire efici

-a utilizat ulei de transformator, care are și proprietăți izo-
ınte, poate funcționa pînă la temperaturi de — 50°C și, în
lus, nu pune nici probleme de coroziune și asigură dimen-
uni constructive mici.

Modul de amplasare a diodelor — amplasare tip radiator —
ste impus de sistemul de răcire și de agentul izolant de răcire
doptat.

Într-o variantă de realizare pentru redresorul de înaltă
ensiune cu ulei de transformator ca agent de răcire și mediu
olant, construcția constă dintr-un tub izolant interior *9*,
mplut cu ulei, pe care sînt dispuse, în amplasare tip radia-
or, plăci (discuri) de cablaj imprimat *11*. Pe plăcile dispuse
e tubul interior sînt montate elementele redresoare, înse-
ate și în același timp fiind fiecare în paralel cu elemente re-



Varianta I

Varianta II

Fig. 1

zistive și capacitive pentru uniformizarea repartiției tensiunii inverse pe diode în regim staționar, respectiv tranzitoriu. Acest fapt permite utilizarea de diode din fabricația curentă, neselecționate. Discurile de cablaj imprimat *11* sînt, la rîndul lor, înseriate, izolate corespunzător, constituind ansamblul de redresare imersat în ulei și protejat în cuva izolantă exterioară (tub izolant etanșat). Tubul interior *9* este fixat la unul din capetele cuvei de protecție exterioare *8* de pe capacul cuvei. În varianta constructivă realizată redresorul se racordează la elementele componente ale schemei electrice în care se utilizează, prin barele de legătură electrice *6*.

În figura 1 se dă un exemplu de realizare a invenției, în variantele I și II.

Conform invenției, pe discurile cu circuite imprimate *11* sînt fixate elementele redresorului. Discurile *11* se imobilizează și se izolează între ele prin intermediul tubului izolant interior *9* și al pieselor distanțoare *10*. Interiorul tubului izolant *8*, cu rol de carcasă exterioară, este umplut cu ulei de transformator, ca de altfel și interiorul tublui izolant 9. Pe discurile *11*, ca și pe discurile izolante *7*, s-au practicat orificii pentru ghidarea și fixarea discurilor contra eventualelor deplasări prin rotire. Discurile sînt fixate în acest mod de către un tub de ghidaj izolant, trasat pe întreaga lungime a tubului izolant interior *9*.

Etanșarea cuvei exterioare *8* se realizează în cele două variante prezentate.

Avînd în vedere forma flanșei și a capacului *5*, în varianta constructivă I sînt necesare și capacele metalice *2*, cu raze de racordare mărite, cu rol de ecranare.

Utilizarea uleiului de transformator ca mediu izolant și de răcire asigură disiparea căldurii datorită pierderilor în diode și în căile de curent și protejarea diodelor și a celorlalte elemente împotriva agenților corosivi și a prafului. De asemenea, uleiul de transformator utilizat și soluțiile adoptate pentru etanșare permit accesul ușor la diode și la celelalte elemente de echipament, precum și înlocuirea rapidă a diodelor sau a elementelor defecte.

Schema electrică adoptată pentru redresorul imersat în ulei de transformator îndeplinește și condițiile :

— de obținere a unei puteri redresate maxime într-un volum și cu o greutate de redresor minime ;

— de a asigura încărcarea cît mai uniformă a diodelor ;

— de a se compune din elemente care se pot modula, pentru a realiza diferite variante constructive.

Bibliografie

[1] Reinhold, G. și Gleyvod, R. *Megawatt HV d.c. power supplies*. Publication Haefely, 1975.

[2] Reinhold, G. *Höchstspannungsgleichrichter für grosse Ströme*. Publication Haefely, 1975.

[3] * * * *Multi Test Set, Highvoltage Test Systems*. În : ASEA Haefely, Micafil, 1976.

[4] Felea, I. *Circuite cu tranzistoare în industrie. Scheme. Proiectare*. vol., II. Editura tehnică, București, 1964.

Aniversarea centenarului reorganizării în anul 1881 a Şcoalei naţionale de poduri şi şosele din Bucureşti

Împlinirea a 100 de ani de la reorganizarea învăţământului tehnic superior din Capitală*), desfăşurat în acea vreme de Şcoala Naţională de Poduri şi Şosele, avînd ca obiectiv instruirea inginerească la nivelul celor mai înaintate şcoli europene şi selecţia cu exigenţă a candidaţilor pregătiţi pentru parcurgerea treptelor învăţămîntului superior, a prilejuit în anul 1981 pentru Institutul politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" din Bucureşti şi pentru Institutul de construcţii Bucureşti organizarea unor manifestări ştiinţifice şi tehnice semnificative în ţara noastră.

Dintre evenimentele cele mai de seamă au făcut parte, în primul rînd, simpozioanele naţionale organizate de Institutul politehnic Bucureşti în domenii de vîrf ale ştiinţei şi tehnicii, în colaborare cu institute de cercetare şi întreprinderi industriale de profil :

— *Simpozionul naţional de microunde*, care a avut loc sub auspiciile catedrei de Radiocomunicaţii de la Facultatea de electronică în perioada 30—31 oct. 1981 ; în cele 74 de comunicări prezentate au fost tratate probleme privind circuitele active şi pasive pentru microunde, antene, propagare şi sisteme de comunicaţii, tehnologia dispozitivelor semiconductoare pentru microunde şi probleme de optoelectronică şi comunicaţii pe fibre optice.

— *Simpozionul naţional de radiotehnică*, care a avut loc la iniţiativa catedrei de Mecanisme de la Facultatea de transporturi, în perioada 29—31 oct. 1981 ; în cele 70 de comunicări prezentate au fost tratate problemele tehnice şi ştiinţifice puse de asimilarea roboţilor industriali şi a subansamblurilor acestora în ţara noastră şi s-au făcut referiri la rezultatele cercetărilor înregistrate într-o perioadă foarte scurtă în domeniul roboţilor înzestraţi cu inteligenţă artificială, echipaţi cu instalaţii complexe de prelucrare automată a informaţiilor şi a imaginilor.

— *Simpozionul naţional de microprocesoare şi microcalculatoare*, care a avut loc la iniţiativa catedrei de Calculatoare de la Facultatea de automatică, în perioada 27—28 nov. 1981 ; în cele 105 comunicări susţinute s-au prezentat noile familii de calculatoare introduse în fabricaţie în ţara noastră (Felix M), echipamentele periferice cercetate şi elaborate în ultimii ani (terminalul inteligent), utilizarea calculatoarelor în proiectare, în conducerea optimală a proceselor industriale, în gospodărirea apelor, în exploatarea cîmpului de sonde de gaze etc.

Momentul culminant al acestor manifestări l-a constituit *Sesiunea jubiliară de comunicări ştiinţifice* desfăşurată în perioada 11—12 dec. 1981 din iniţiativa Institutului politehnic din Bucureşti şi a Institutului de construcţii Bucureşti, cu sprijinul generos al Ministerului Educaţiei şi Învăţămîntului, al Consiliului Culturii şi Educaţiei Socialiste şi al celorlalte ministere economice.

La şedinţa festivă de deschidere, care a avut loc în „marele amfiteatru" din localul devenit istoric din strada Polizu, au luat parte personalităţi marcante din organizaţiile politice şi de stat, foşti profesori şi studenţi ai Şcoalei Naţionale de Poduri şi Şosele, profesori şi studenţi ai Institutului politehnic Bucureşti, ai Institutului de construcţii Bucureşti, precum şi reprezentanţi ai numeroase instituţii de învăţămînt superior din Capitală şi din ţară.

În cuvîntul de deschidere a lucrărilor sesiunii au fost subliniate etapele parcurse de învăţămîntul superior din ţara noastră, perfecţionarea dobîndită prin integrarea procesului instructiv-educativ cu activitatea de creaţie ştiinţifică şi tehnică, de proiectare şi de producţie, precum şi modul în care se aplică în practică orientările actuale şi de perspectivă ale învăţămîntului, cuprinse în Directivele Congresului al 12-lea al Partidului Comunist Român.

Un viu interes a prezentat comunicarea ţinută de academician profesor Radu Voinea, intitulată „La aniversarea a 100 de ani de la reorganizarea Şcoalei Naţionale de Poduri şi Şosele din Bucureşti" ; în comunicare au fost evocate împrejurările istorice în care a luat fiinţă învăţămîntul superior tehnic. Cu toate că avea la bază o legislaţie pentru funcţionare, a trebuit să treacă aproape un sfert de veac pînă la asigurarea condiţiilor necesare de desfăşurare a unui învăţămînt cu adevărat ingineresc ; aceasta s-a petrecut prin reorganizarea începută în anul 1881, de către noul director, inginerul Gheorghe Duca, personalitate cu o excelentă pregătire inginerească şi o înaltă conştiinţă civică ; el a reuşit să instituie o selecţie riguroasă a candidaţilor şi să atragă în rîndurile corpului profesoral cadre didactice cu o foarte bună pregătire profesională ; aceştia aveau să devină profesori renumiţi şi cercetători de înaltă valoare ştiinţifică, înscriindu-şi numele, prin contribuţii inedite, în patrimoniul ştiinţei şi al tehnicii mondiale. Dintre aceştia au făcut parte primii doctori în matematici români, veniţi de la Sorbona : Spiru Haret, încadrat ca profesor de algebră superioară, şi David Emmanuel, numit profesor de matematici elementare, G. Kirilov, C. Mironescu, profesor pentru statică grafică, Anghel Saligny, profesor pentru cursul de poduri, C. Istrati, primul doctor în chimie român venit de la Paris ş.a. Prin grija lui Gheorghe Duca, el însuşi un foarte bun profesor, s-a construit şi s-a inaugurat, la 2 octombrie 1886, un local propriu (local în care s-a dezvoltat Institutul politehnic de mai tîrziu), amplasat în str. Polizu, lîngă gară, în apropierea atelierelor căilor ferate, unde elevii şcolii se puteau duce pentru a-şi consolida cunoştinţele de tehnologie, mecanisme, maşini etc.

În cadrul şedinţei festive de deschidere au mai fost prezentate comunicări de către prof. dr. ing. Tache Voicu, rectorul Institutului politehnic din Bucureşti, şi prof. dr. ing. Constantin Iamandi, rectorul Institutului de construcţii Bucureşti, care au prezentat unele aspecte ale dezvoltării actuale şi de perspectivă ale institutelor de învăţămînt superior din Capitală.

În încheierea şedinţei festive, participanţii au manifestat cu căldură pentru transmiterea unei telegrame adresată Secretarului general al Partidului Comunist Român, tovarăşului Nicolae Ceauşescu, prin care a fost exprimată întreaga dăruire a celor care slujesc astăzi învăţămîntul tehnic superior din Capitală pentru propăşirea patriei noastre socialiste ; textul telegramei a fost prezentat de prof. dr. docent inginer Gheorghe Buzdugan.

Un număr de peste 900 de comunicări ştiinţifice au fost prezentate în 48 secţii de specialitate ; dintre acestea, secţiile de energetică, cazane şi turbine, hidroenergetică şi maşini hidraulice, aplicaţii tehnice ale mecanicii fluidelor şi surse noi de energie, termotehnică şi maşini termice au cuprins peste 100 de comunicări ştiinţifice referitoare la subiecte actuale din sfera producerii, transportului şi utilizării energiei electrice şi termice, precum

*) A se vedea „Energetica" nr. 10/1981, p. 409—418.

și unele rezultate obținute în utilizarea unor noi surse de energie. Unele dintre aceste comunicări au suscitat un interes științific deosebit, prin tematica abordată și prin conținutul prezentat; asupra cîtorva dintre aceste comunicări, se vor face în cele ce urmează unele referiri.

Comunicarea „Construcții energetice în România în ultimul sfert de veac", de ing. Gh. Cocoș, analizează progresele înregistrate de țara noastră în valorificarea potențialului hidroenergetic, în construcția unor centrale termoelectrice moderne asociate cu sisteme urbane de termoficare, precum și evoluția sistemului energetic național de transport la tensiuni adecvate, de 220 și 400 kV.

Studiul regimurilor de funcționare ale sistemelor energetice, ca o continuare firească a cercetărilor întreprinse de acad. profesor Constantin Budeanu, care au condus la dezvoltarea conceptului de putere reactivă în sistemele electrice, și definirea pentru prima dată a conceptului de putere deformată, în anii 1928—1936, a fost abordat în comunicările: „Puterea complementară și compensarea ei în regim deformant", de profesor dr. ing. Ion S. Antoniu ș.a.; „Regimul energetic deformant și economia de energie", de dr. ing. N. Chiriță ș.a.; „Rezistența corelată a problemelor regimului deformant și compensarea energiei reactive în sistemele energetice moderne", de prof. dr. ing. Ion Iordănescu; „Modelarea matematică a regimurilor termice tranzitorii în echipamentele centralelor electrice", de un colectiv condus de prof. emerit Constantin Dinculescu. Comunicările prezentate de profesorul dr. doc. V. I. Nitu, ing. O. Mustață, prof. dr. ing. A. Arie, prof. dr. ing. Gleb Drăgan, ing. R. Sfichi, prof. dr. ing. D. Cristescu, prof. dr. ing. Gh. Iacobescu, dr. ing. M. L. Goia, ing. V. Onu ș.a. se referă la studiul unor fenomene specifice transportului energiei electrice la tensiune înaltă, la proiectarea componentelor sistemului, respectiv la utilizarea calculatoarelor în exploatarea întreprinderilor de rețele electrice.

Folosirea eficientă a agregatelor energetice de preparare și ardere a cărbunelui este abordată în comunicările prof. ing. Mircea Postelnicescu, conf. dr. ing. N. Pănoiu ș.a.

Problema găsirii unor noi surse eficiente de energie, atît în privința investițiilor, cît și în ceea ce privește exploatarea și întreținerea sistemelor de captare și conversie, a format obiectul unor comunicări științifice prezentate de prof. dr. ing. Ion Gh. Carabogdan, prof. dr. ing. Alexandru Dănescu, conf. dr. ing. Mircea Cazacu, acad. prof. dr. Dumitru Dumitrescu, prof. dr. ing. Julieta Florea, conf. dr. ing. St. Petrescu.

În toate domeniile tehnice actuale au fost prezentate comunicări de înaltă valoare științifică, care subliniază nivelul științific și tehnic atins de țara noastră în perioada din urmă; dintre acestea citățm în primul rînd comunicările: „Polimerizarea cu deschidere de inel a ciclopentenei", de acad. dr. ing. Elena Ceaușescu ș.a., Stabilirea condițiilor de cristalizare dirijată a compușilor intermetalici pe baza datelor experimentale de difuzie", de prof. dr. doc. ing. Suzana Gâdea; „Asupra interpolării multidimensionale", de prof. dr. Octavian Stănășilă; „O formulare a problemei staticii sistemelor de bare deformabile", de acad. prof. dr. doc. Radu Voinea ș.a.

În cadrul sesiunii au fost prezentate numeroase comunicări cu caracter pluridisciplinar, în care au fost analizate probleme de importanță deosebită pentru economia țării noastre. Din această categorie citățm următoarele: „Gospodărirea apelor, domeniu multi și interdisciplinar", de Ion Iliescu, președintele Consiliului Național al apelor, în care se abordează aspecte de modernizare a sistemului informațional meteorologic și hidrologic și de gospodărire a apelor pentru a se asigura datele primare de bază pentru proiectarea unor lucrări hidrotehnice de amenajare complexă a bazinelor hidrografice; „Din istoria chimiei fizice", de acad. prof. dr. doc. Ilie G. Murgulescu; „Realizări și perspective în domeniul marilor baraje din România", de prof. dr. ing. Radu Prișcu.

Unele dintre aceste rezultate sînt publicate în Buletinul Institutului politehnic „Gheorghe Gheorgiu-Dej" din București, nr. 4/1981, consacrat acestei aniversări, sau vor forma obiectul unor lucrări care vor apărea în numerele viitoare ale acestei publicații.

Suita de manifestări consacrată aniversării centenarului de la reorganizarea Școalei Naționale de Poduri și Șosele în anul 1881 a cuprins și deschiderea unei expoziții la Institutul politehnic București, care a funcționat în perioada 21—26 decembrie 1981; au fost expuse principalele realizări dobîndite de catedrele institutului la finele primului an al celui de-al șaptelea cincinal al economiei noastre socialiste în domeniile: calculatoare electronice, aparate de măsură, automatizare, simulare și control, dispozitive modulare de control dimensional și prelucrare, roboți industriali, reactivi chimici de înaltă puritate și noi îngrășăminte chimice pentru agricultură, mașini agricole perfecționate ș.a. Expoziția a oferit cadrul unor dezbateri directe, inițiate de Comitetul de partid al Capitalei cu conducerile marilor întreprinderi bucureștene, precum și a unor analize inițiate de Ministerul Educației și Învățămîntului cu conducerile unor instituții de învățămînt superior din Capitală și din țară.

Aniversarea centenarului reorganizării Școalei Naționale de Poduri și Șosele din București a reprezentat în ansamblu un prilej de afirmare a științei și tehnicii românești, un moment în viața culturală și științifică a Capitalei, un mod de manifestare a devotamentului intelectualității noastre pentru înfăptuirea marilor aspirații ale poporului nostru spre știință și cultură.

Prof. dr ing. **Constantin Bălă**,
prorector al Institutului politehnic București

Manifestări tehnico-ştiinţifice internaţionle*)

Conferinţa internaţională cu tema : **Circuite cu semiconductori**
10—12 februarie 1982
San Francisco (California), S.U.A.
Organizatori : L. Winner, 301 Almeria Avennue, Coral Gables Fl. 33134, S.U.A.

A 2-a Conferinţă internaţională privind ingineria tehnologică şi productivitatea
2—6 martie 1982
Londra, Marea Britanie
Organizatori : Clapp and Poliak Europe
Lmt. 232 Acton Lane London
W4 5DL, Marea Britanie

Al 3-lea Seminar internaţional cu tema : **Folosirea în termocentrale a cărbunelui brun cu conţinut mare de cenuşă**
martie 1982
USTI nad LABEM, R.S.C.
Organizatori : ing. Bohumil Krivy — Dum Techniky — CVTS Dvorakova 1, CS 300 21 USTI nad LABEM, R.S.C.

Conferinţă şi expoziţie internaţională privind turbinele cu gaze
12—22 aprilie 1982
Londra, Marea Britanie
Organizatori : RS Glynn, UK Arrangements Committee Institution of Mechanical Engineers, c/o Londra Convention Bureau, 26 Grosvenor Gardens, London SWIW ODU, Marea Britanie

A 10-a Conferinţă internaţională cu tema : **Progrese în tehnologia electronică şi tehnica de precizie**
20—23 aprilie 1982
Dresda, R.D.G.
Organizatori : Technische Universität Dresden, Sektion Elektroniktechnologie und Feingerätetechnik, 8027 Dresden, Mommsenstrasse 13, R.D.G.

Conferinţa internaţională cu tema : **Protecţia instalaţiilor de producere şi distribuţie a energiei electrice**
4—6 mai 1982
Pardubice, R.S.C.
Organizatori : dipl. ing. Vaclav Novotny, Director DUM TECHNIKY CSVTS, tr. Miru 113—532 27 Pardubice, R.S.C.

Congresul mondial al energiei
Knoxville (Tennessee), S.U.A.
23—27 mai 1982
Organizatori : Dr. S. Mc Cullough, Energy Opportunities Consortium, P.O. Box 2229 Knoxville TN 37901, S.U.A.

Expoziţie internaţională de instrumente electronice de control (ELECTRONICS'82)
24—28 mai 1982
Birmingham, Marea Britanie
Organizatori : Industrial and Trade Fairs Ltd, Radcliffe House, Blenheim Court, Solihull, West Midlands B 91 2BG, Marea Britanie

Congresul confederaţiei internaţionale de măsurări
24—28 mai 1982
Berlin, R.F.G.
Organizatori : Prof. Giuseppe Zingales, Instituto di Elettrotecnica e di Elettronica dell'Università, via Gradenigo, 6/A, 35 100 Padova, Italia

Congresul Federaţiei europene a editorilor
mai 1982
Bruxelles, Belgia
Organizatori : Mr. Fernand Poot, Chef de Service Principal, Dpt. Rel. Publiques, Soc. Gén. de Banque, Monragne du Parc 3, B 1000, Belgia

Simpozion internaţional cu tema : **Izolaţia electrică**
7—9 iunie 1982
Philadelphia (Pennsilvania), S.U.A.
Organizatori : ERIC O. FORSTER, Exxon Research, P.O. Box 45, Linden, N.Y., S.U.A.

Conferinţa europeană de electrotehnică (EUROCON'82)
14—18 iunie 1982
Copenhaga, Danemarca
Organizatori : EUREL — Sekretariat
Stresemannalle 21, D—6000 Frankfurt/Main 70, R.F.G.

Conferinţa internaţională cu tema : **Arderea cărbunilor în centralele electrice şi mediul înconjurător acvatic**
16—18 august 1982
Copenhaga, Danemarca
Organizatori : DIS Congress Service
48, Linde Allé, DK—2720 Vanløse
Copenhaga, Danemarca

Simpozion internaţional privind procesele de ardere
26—30 august 198
Wroclaw, R.P.P.
Organizatori : British Glass Industry Research Association, Northumberland Road, Scheffield S 10 2 UA, Marea Britanie

Al 2-lea Seminar internaţional consacrat studierii impactului informaticii asupra concepţiei unui sistem de informare
2—24 septembrie 1982
Paris, Franţa
Organizatori : CEPIA — Rocquencourt, BP 105—78153 Le Chesnay Cedex — Paris, Franţa

A 7-a Conferinţă internaţională cu tema : **Transferul de căldură**
6—10 septembrie 1982
München, R.F.G.
Organizatori : Technische Universität şi L. Schubel — DECHEMA POB 970146 D 6000 Frankfurt 97, R.F.G.

A 12-a Conferinţă europeană privind microundele
6—10 septembrie 1982
Helsinki, Finlanda
Organizatori : Helsinki Univ. of Technology, Radio lab. Prof. Martti Tiuri, 02150 Espoo 15, Finlanda

Simpozion internaţional privind modelarea fină a curgerilor
7—10 septembrie 1982
Paris, Franţa
Organizatori : EdF-DER, 6 quai Watier, 78400 Chatou, Franţa

Al 41-lea Congres şi Conferinţa Federaţiei internaţionale de documentare
10—16 septembrie 1982
Hong Kong
Organizatori : Mr. M. Burton, Polytechnic Librargian Hong Kong Polytechnic Library, Hung Hom Kowloon

A 29-a Sesiune a Conferinţei internaţionale a Marilor Reţele Electrice CIGRE
septembrie 1982
Paris, Franţa
Organizatori : G. Leroy, Secretar general CIGRE, 112 Bulevard Haussmann, 75008 Paris, Franţ

A V-a Conferinţă internaţională de termoficare
septembrie 1982
Kiev, U.R.S.S.
Organizatori : V. Varvarsky, şeful Comitetului de organizar al conferinţei, 2/1 Semyonovskaya Naberenaya, 105266 Moscova, U.R.S.S.

*) Rubrica întocmită de COPIC — ICEMENERG.

Simpozionul internațional cu tema : **Compatibilitate electromagnetică**

septembrie 1982
San Francisco (California), S.U.A.

Organizatori : Andrew Nalbandian, 20617 Debbie Lane, Saratoga CA 95070, S.U.A.

Al 4-lea Forum mondial de telecomunicații

septembrie 1982
Geneva, Elveția

Organizatori : EUREL Sekretariat, Stresemannallee 21 D—6000 Frankfurt/Main 70, R.F.G.

Al 10-lea Seminar internațional de informatică și automatică — CEPIA

21 septembrie—12 decembrie 1982
Paris, Franța

Organizatori : CEPIA, Rocquencourt, BP 105—78153 Le Chesnay Cedex, Paris, Franța

A IV-a Conferință națională cu participare internațională cu tema : **Prepararea apei, regimul apei și coroziunea în CET și CNE**

30 septembrie—2 octombrie 1982
Burgas, R.P.B.

Organizatori : Uniunea pentru energetică, electrotehnică și telecomunicații
1000 Sofia, 108 Rakovski, R.P.B.

A III-a Conferință națională cu participare internațională cu tema : **Telecomunicații**
7—9 octombrie 1982
Blagoevgrad, R.P.B.
Orgaizatori : Uniunea pentru energetică, electrotehnică și telecomunicații
1000 Sofia, 108 Rakovski, R.P.B.

A V-a Conferință națională cu participarea internațională cu tema : **Materiale electroizolante și cabluri**
21—23 octombrie 1982
Burgas, R.P.B.
Organizatori : Uniunea pentru energetică, electrotehnică și telecomunicații
1000 Sofia, 108 Rakovski, R.P.B.

Expoziție internațională cu tema : **Coroziune** (HUNGAROKKOR)
19—24 octombrie 1982
Budapesta, R.P.U.
Organizatori : HUNGEXPO, P.O. Box 4, H 1441 Budapesta, R.P.U.

Expoziția internațională de invenții și inovații (INVEX)
20—26 octombrie 1982
Brno, R.S.C.
Organizatori : Holdsworth Smith Ltd., 277 Gray's Inn Road London, W C 1 oEE, Marea Britanie

Conferința Federației internaționale pentru controlul poluării apelor
octombrie 1982
St. Louis (Missouri), S.U.A.
Organizatori : R. A. Canham, 3900, Wisconsin Avenue, NW Washington, DC 200—16, S.U.A.

Recenzii

CONSTANTIN I. STAICU. **Analiza dimensională restrînsă și generală. Prelucrarea datelor experimentale** (în limba engleză). Editura Abacus Press, Anglia, 1982.

Lucrarea se remarcă în primul rînd prin originalitate, autorul reușind într-un mod fericit să realizeze saltul de la teoria clasică a analizei dimensionale la o teorie proprie, mult mai cuprinzătoare.

În al doilea rînd doresc să remarc faptul că în cadrul analizei dimensionale generale elaborată de dr. ing. C. I. Staicu, problema determinării coeficienților și mai ales a exponenților mărimilor fizice a devenit foarte simplă, nemaifiind nevoie de un număr exagerat de mare de determinări experimentale ca în cazul teoriei clasice.

În al treilea rînd, analiza dimensională generală se pretează, prin sistemul de ecuații supradeterminat pe care-l generează, la rezolvări cu utilizarea calculatoarelor numerice.

În cursul cercetărilor mele cu caracter teoretico-experimentale la Universitatea Brașov — Catedra de utilaj tehnologic, am folosit atît analiza dimensională clasică cît și analiza dimensională generală. Astfel, metoda dr. ing. C. I. Staicu am utilizat-o cu deosebit succes la caracterizarea analitică a fenomenului de difuzie de la tratamentele termochimice. În timp ce cu metodele clasice, relațiile finale se refereau la corelații între trei mărimi fizice, cu analiza dimensională generală am reușit să țin seama de corelații între opt mărimi fizice, descrierea fenomenului devenind ca urmare mai precisă, mai completă, mai avantajoasă din punct de vedere practic.

De asemenea, am reușit să realizez o aplicație interesantă a metodei analizei dimensionale generale la studiul îndesării amestecurilor coezive plastice prin metoda cu șocuri repetate. Determinările experimentale ale studiului au condus la concluzia că relația finală a gradului de îndesare poate fi utilizată cu succes în practică.

Pe baza analizei dimensionale generale am elaborat un model matematic de calcul pentru prelucrarea pe calculator a datelor experimentale.

Ca unul care nu numai că am luat cunoștință de noua și originala teorie a dr. ing. C. I. Staicu, dar a și verificat, pe cazuri practice, valabilitatea principiilor acestei teorii, a posibilităților ei de a caracteriza analitic fenomene ce nu pot fi complet descrise în timp și spațiu prin ecuații, consider că meritele autorului sînt incontestabile, iar misiunea noastră, a cercetătorilor români, este de a realiza cît mai multe aplicații, în cele mai diverse domenii, ale acestei teorii, astfel încît analiza dimensională generală să devină o metodă de cercetare românească și să fie recunoscută ca atare în întreaga lume.

Șef lucrări dr. ing. **Cornel Samoilă**
— Universitatea Brașov —

CHARLES KITTEL, WALTER D. KNIGHT și MALVIN A. RUDERMAN. **Cursul de fizică Berkeley. Vol. I. Mecanica.** Editura didactică și pedagogică, București, 1981 (traducere din limba engleză), 447 p., 290 fig., 10 tabele.

În prefața la versiunea în limba română, academician profesor Ion Ursu a ținut ca, în girul de încredere pe care îl subscrie, să stabilească sistemul de coordonate al textului lucrării. Astfel :

— „Lucrarea este destinată să permită atît formarea gîndirii fizice, cît și însușirea noțiunilor de bază ale acestei științe".

— „Dezvoltarea cursului se face din aproape în aproape într-o succesiune firească".

— „Fiecare volum posedă un material de metodică a predării capitolului respectiv destinat profesorului, ca și unele recomandări ale autorului către studenți".

— „Pe baza experienței dobîndite în mai mulți ani de predare, cursul a suferit modificări care i-au îmbunătățit conținutul și au permis aducerea lui la o formă cît mai adecvată, didactic și științific".

Analizînd lucrarea din punctul de vedere al conținutului, al formei, al metodei, al ordinii de prezentare a noțiunilor și al stilului, este foarte greu să stabilești granița sau să limitezi categoriile de cititori care pot folosi cursul

de fizică Berkeley, inițial destinat studenților. (Autorii sînt profesori, primii doi la Universitatea Berkeley — California, cel de-al treilea la Universitatea New York.)

Principiile fundamentale ale fizicii generale sînt prezentate într-o formă unitară pe parcursul a cinci volume : 1. Mecanica, 2. Electricitatea, 3. Unde, 4. Fizica cuantică, 5. Fizica statistică.

Ne vom referi numai la primul volum, cel de Mecanică.

Țelul autorilor a fost unul singur : de a crea un curs didactic modern, bine echilibrat, în care factorul teorie, experiment, istorie să fie bine proporționat, permițînd astfel studentului de la fizică sau inginerie să-și formeze un vocabular adecvat, să-și fundamenteze conceptele primare ale mecanicii clasice și moderne, să-și permită să localizeze corect evenimentele și descoperirile științifice în cadrul istoric.

Partea de mecanică se desfășoară în cadrul a 14 capitole, logic ordonate, care prezintă gradat și uniform fundamentele mecanicii clasice și moderne. Fără să abuzeze de un aparat matematic exagerat în esență, dar și în conținut, autorii anexează totuși capitolelor, acolo unde este necesar, note matematice explicative.

Capitolele 1, 2, 3, 5, 6, 7 familiarizează studentul cu elemente din fizica generală pe care — măcar la nivel de enunț — le cunoștea din liceu. Se definește conceptul de ordin de mărime, iar invarianța la translații și rotații este folosită pentru explicarea spațiului ca fiind un mediu omogen și izotrop. Se prezintă operații cu vectori : produs scalar, produs vectorial, derivată vectorială. Aceste minime elemente din analiza vectorială vor ușura exprimarea asupra lucrului mecanic, energiei, momentului forței și momentului cinetic.

Pentru un curs de mecanică clasică, primul punct de referință rămîne totuși enunțarea legilor lui Newton, care, însoțite de nenumărate aplicații, sînt expuse în capitolul 3, a energiei cinetice și potențiale, expuse în capitolul 5, a conservării impulsului, în capitolul 6.

Transformările de coordonate (în speță transformările galileene) sînt cele care, prin nonconformismul lor, surprind studentul obișnuit pînă în acel moment cu o educație derivată din mecanica clasică, dar anunță și intenția autorilor de a ne familiariza cu operații iminente teoriei relativității restrînse.

Expunerea sugestivă a rezultatului negativ al experienței Michelson și Morley (de a pune în evidență deplasarea Pămîntului prin Eter), experiență care a revoluționat secolul al XIX-lea, vine să dovedească neputințele și limitele transformărilor de coordonate galileene, atunci cînd apar viteze foarte mari.

Efectul Doppler, definirea conceptului de invariant a vitezei luminii în sistemele de referință inerțiale, a noțiunii de viteză limită, al faptului că formula newtoniană $E = \frac{1}{2} mv^2$ este nesatisfăcătoare pentru exprimarea valorii energiei cinetice atunci cînd viteza crește foarte mult, fac din capitolul 10 un capitol în care se legiferează premisele pentru studierea relativității restrînse.

Ecuațiile Lorentz (transformările Lorentz) satisfac pe deplin cerințele impuse de ipotezele fundamentale ale teoriei relativității restrînse și dovedesc că transformările galileene pot fi folosite numai în cazul particular cînd raportul $\frac{V}{c} \to 0$ (c — viteza luminii).

Se prezintă în continuare, cu multă acuratețe, geneza noțiunii și a formulei energiei relativiste $E = mc^2$, a definirii impulsului relativist și a conservării lui, a mecanismului echivalenței masei de repaus cu energia și invers, toate analizate acum în contextul invarianței legilor fizice la transformările Lorentz.

Ultimul capitol, prin dialogul de diferențiere pe care-l lansează între masa inerțială și masa gravitațională, prin emiterea la nivel de enunț a principiului echivalenței, precum și a consecințelor lui, nu este decît o invitație pe care autorii o fac pentru studiul relativității generalizate.

Propunerile pentru temele avansate, notele istorice, ilustrația foarte sugestivă și bine explicată, lecturile suplimentare, nenumăratele referiri la date bibliografice de cărți și articole creează condițiile favorabile pentru folosirea cursului de către o gamă largă de cititori.

Parcurgînd cele 14 capitole ale cursului de Mecanică Berkeley, cercetătorul, inginerul, studentul de azi, care poate deveni savantul de mîine, află într-o primă aproximație adevărurile, dar și dramele unor legi ale mecanicii clasice, care, deși au guvernat timp de secole, s-au dovedit a fi neputincioase să satisfacă în totalitate exigențele gîndirii umane contemporane, să explice și să definească evoluția tehnologică a mediului planetar.

Ing. **Tiberiu Cîrstea**

IACOBESCU GHEORGHE ș. a. **Rețele electrice.** Editura didactică și pedagogică, București, 1981.

Lucrarea cu titlul de mai sus, elaborată de un colectiv de cadre didactice de la Facultatea de energetică din cadrul Institutului Politehnic București, sub coordonarea prof. dr. ing. Gh. Iacobescu, reprezintă o nouă ediție a cursului de rețele electrice pentru subinginerii electroenergeticieni, publicat în 1975.

Republicarea acestui curs, revizuit și îmbunătățit, răspunde unei necesități reale privind formarea viitorului specialist, la îndemîna căruia trebuie să se afle elementele necesare cu ajutorul cărora să-și poată însuși problemele care privesc funcționarea și exploatarea rețelelor electrice. Dezideratul major care stă la baza redactării oricărui manual universitar constă în conținutul său formativ și care trebuie să reflecte stadiul de dezvoltare la zi a domeniului abordat, inclusiv tendințele care se manifestă pe plan mondial în domeniul respectiv. Lucrarea pe care o recenzăm răspunde într-adevăr, în mare parte, acestor cerințe.

Manualul este structurat pe cinci părți, care includ 21 de capitole și care acoperă aproape în întregime domeniul rețelelor electrice de transport, distribuție și al utilizării energiei electrice.

Astfel, partea I cuprinde primele trei capitole ale cărții și se referă la elementele constructive ale liniilor electrice de transport și distribuție a energiei electrice : linii electrice aeriene, linii electrice subterane și schemele de conexiuni ale rețelelor electrice de transport și distribuție.

În cadrul celei de-a doua părți, care cuprinde capitolele 4 și 5, sînt prezentați parametrii și schemele echivalente ale elementelor componente ale rețelelor electrice : impedanța și admitanța liniilor electrice, precum și parametrii și schemele echivalente ale transformatoarelor.

Partea a III-a a cărții, care cuprinde capitolele 6, 7, 8 și 9, se ocupă de calculul electric al rețelelor în regim permanent de funcționare : calculul căderilor de tensiune și al circulațiilor de curenți în rețelele electrice, calculul liniilor de transport de energie electrică, calculul pierderilor de putere și de energie în rețelele electrice și, reglarea tensiunii în rețelele electrice.

Partea a IV-a, ce include capitolele 10, 11, 12 și 13 din manual, este rezervată criteriilor tehnico-economice pentru alegerea secțiunii conductoarelor liniilor electrice : încălzirea conductoarelor liniilor electrice, dimensionarea secțiunii conductoarelor pe baza încălzirii maxime admisibile, a pierderii maxime admisibile de tensiune și a criteriului economic.

Ultima parte a cărții, care cuprinde capitolele 14—21, abordează o mare varietate de probleme privind rețelele electrice : calculul mecanic al LEA, elemente de proiectare a LEA, exploatarea liniilor electrice, calitatea energiei electrice și factorii care o determină, scurtcircuitele în rețelele electrice, tratarea neutrului rețelelor electrice și cîteva elemente din studiul funcționării sistemelor electroenergetice (stabilitatea statică și dinamică a sistemelor electroenergetice).

Manualul se încheie cu 7 anexe, care dezvoltă anumite aspecte prezentate mai sumar în conținutul cărții : calculul pierderilor de energie în izolație, în mantaua metalică și în armătura de oțel a cablurilor, valorile parametrilor utilizați în determinarea secțiunilor economice, schemele de detectare a locului de defect în cabluri, cu ajutorul punții și galvanometrului ș.a.

Așa cum s-a văzut, manualul prezentat conține majoritatea problemelor de fundament privind concepția, proiectarea, execuția și exploatarea rețelelor electrice, avînd o factură clasică.

Elementele de fundament prezentate au un rol esențial în formarea viitorilor subingineri în specialitatea de rețele

electrice, acestea fiind grupate pe părți și pe capitole care urmăresc într-o înlănțuire logică funcționarea și exploatarea în ansamblu a rețelelor electrice.

Fără îndoială că așa cum a fost conceput și realizat, de către un colectiv relativ larg de autori, cursul la care ne referim răspunde imperativelor majore ale formării specialiștilor în rețelele electrice. Totuși o mai profundă legătură cu partea practică a producției și cercetării în domeniul rețelelor electrice s-ar fi impus, credem, în conținutul cărții.

În acest sens, avem în vedere în primul rînd valorificarea experienței în proiectarea și exploatarea sistemului electroenergetic românesc, oglindită în normativele, prescripțiile, instrucțiunile, fișele tehnologice și proiectele tip ale M.E.E.

De asemenea, probleme esențiale legate de fiabilitatea rețelelor electrice, de influențele reciproce dintre rețelele electrice și mediul exterior (de exemplu, influența liniilor electrice asupra liniilor de telecomunicații), conducerea operativă prin dispecer a rețelelor electrice, telemecanica rețelelor electrice, întreținerea și repararea sub tensiune a liniilor electrice ș.a. sînt mai puțin dezvoltate în conținutul lucrării. Util ar fi fost, după părerea noastră, ca în conținutul manualului să se fi inclus, la locurile potrivite, și problemele de aplicare ale informaticii în calculul de proiectare și exploatare a rețelelor electrice (utilizarea programelor de prelucrare automată a datelor). Aceasta deoarece nu numai în viitor, dar și în prezent, proiectarea rețelelor electrice asistată de calculator a devenit o necesitate și o practică curentă.

Avînd însă în vedere faptul că aceste aspecte se găsesc tratate în alte monografii elaborate în țara noastră, lipsa lor din manual nu diminuează valoarea științifică și didactică a acestuia.

Într-adevăr manualul dovedește calități remarcabile.

Stilul și coerența expunerii, claritatea și viziunea sistemică a problematicii prezentate, orientarea spre problemele majore cu care se confruntă energetica actuală fac din această carte nu numai un prețios ajutor pentru specialiștii în formare, dar și pentru specialiștii care-și desfășoară activitatea în cadrul unităților de profil ale Ministerului Energiei Electrice sau în activitățile de energetică industrială ale altor ministere din țară.

Toate acestea vor contribui, desigur, la o bună primire a cărții în rîndul specialiștilor.

Ing. **Romulus Sfichi**

Norme recomandări prescripții

* * * Directive privind proiectarea, livrarea și recepționarea ventilatoarelor pentru generatoarele de abur din termocentralele clasice și nucleare (Richtlinien für die Planung, Bestellung und Abnahme von Ventilatoren für Dampferzeuger/Reaktoren), 1974, 64 p.

* * * Directive tehnice privind dispozitivele de protecție, siguranță și control ale instalațiilor de turbine cu abur (Technische Richtlinie für Überwachungs-Sicherheits- und Schutzeinrichtungen an Dampfturbineanlagen), 1977, 97 p.

* * * Variațiile posibile de sarcină și vitezele de variație a sarcinii în termocentrale la funcționarea cu presiune fixă și presiune alunecătoare (Mögliche Laständerungen und Laständerungsgeschwindigkeiten von Dampfkraftwerken im Festdruck und Gleitdruckbetrieb), 1979, 20 p.

* * * Regimurile termice ale tubinelor cu abur (Das termische Verhalten von Dampfturbinen), 1980, 122 p.

* * * Directivele V.G.B. privind țevile pentru condensatoare și alte schimbătoare de căldură (Richtlinie VGB : Rohre für Kondensatoren und andere Wärmeaustauscher), 1977, 44 p.

* * * Directive privind înzidirea și izolarea termică a generatoarelor de abur (Richtlinien für die Einmauerung und Wärmedämmung von Dampferzeugern), 1980, 95 p.

* * * Recomandări pentru protecția contra incendiilor în centralele electrice (Empfehlungen Brandschutz im Kraftwerk), 1979, 76 p.

* * * Directive privind condițiile tehnice ale dispozitivelor de comandă din termocentrale (Empfehlungen für die Anfrage und Bestellung von Leittechnick-Einrichtungen im Wärmekraftwerk), 1978, 66 p.

* * * Directive privind schimbătoarele de căldură din circuitul apă-abur al termocentralelor (Richtlinien für Wärmeaustauscher im Wasser-/Dampfkreislauf von Kraftwerken), 1979, 76 p.

* * * Recomandări privind exploatarea pompelor de alimentare (Empfehlungen für den Betrieb von Speisepumpen), 1979, 30 p.

* * * Condiții tehnice pentru turnurile de răcire (Richtlinien zum Anfragen und Bestellen von Kühltürmen), 2 părți, 112 p.

* * * Directive privind construcția și exploatarea instalațiilor de reținere a cenușii (Richtlinien für den Bau und Betrieb von Entaschungsanlagen), 1965, 64 p.

* * * Directivele VGB privind condițiile tehnice pentru instalațiile de desulfurare a gazelor de ardere (VGB-Richtlinien für die Plannung und Bestellung von Rauchgas-Entschwefelungsanlagen — REA), 1977, 67 p.

* * * Directivele VGB privind micșorarea zgomotului în instalațiile din termocentrale (VGB-Richtlinien für die Lärmminderung in Wärmekraftanlagen), 1978, 174 p.

* * * Directive privind fabricarea și controlul construcției cazanelor de abur de mare capacitate (Richtlinien für die Herstellung und Bauüberwachung von Hochleistungsdampfkesseln), 1968, 199 p.

* * * Directive privind condițiile tehnice pentru recepția, construcția și montajul conductelor de abur supraîncălzit și apă de alimentare (Richtlinien für den Bau und die Bestellung von Heissdampfrohrleitungen und Speisewasserdruckleitungen), 1965, retipărire 1977, 171 p.

* * * Directivele VGB privind conductele interne ale turboagregatelor și conductele care transportă medii inflamabile (VGB Richtlinien für interne Rohrleitungen des Turbosatzes soweit sie brennbare Medien führen), 1975, retipărire 1979, 21 p.

* * * Directive privind încercarea pieselor forjate și turnate, cu gabarite mari, ale turboagregatelor cu abur (Richtlinien für die Prüfung von grossen Schmiede- und Gussstücken für Dampfturbosätze), 1974, ediția a 2-a, 14 p.

* * * Directive privind șuruburile utilizate la temperaturi înalte (VGB — Richtlinien für Schrauben im Bereich hocher Temperaturen), 1977, ediția a 3-a, 32 p.

* * * Tehnica construcției în centralele electrice. Culegere de directive și recomandări ale comisiei principale din domeniul construcțiilor și arhitecturii (Bautechnik im Kraftwerk. Eine Sammlung von Richtlinien und Empfehlungen des VGB — Hauptausschusses „Bauwesen"), 1974, 45 p.

* * * Căptușirea bazinelor din beton armat și a rezervoarelor. Recomandări privind pregătirea părții de construcție (Auskleidung von Stahlbetonbecken und Behältern. Empfehlungen für die bauliche Ausbildung), 1976, 26 p.

* * * Recomandări privind amplasarea și exploatarea pompelor de vid la condensatoarele răcite cu apă ale turbinelor de abur (Empfehlungen für Auslegung und Betrieb von Vakuumpumpen bei wassergekühlten Dampfturbinen Kondensatoren), 1970, 44 p.

* * * Directive privind analiza avariilor şi a indisponibilităţilor în termocentrale (Richtlinien zur Erfassung von Schäden und Stillstandszeiten in Wärmekraftwerken), 1972, ediţia a 2 a, 21 p.

* * * Directive privind analiza avariilor şi a indisponibilităţilor în termocentrale. Anexa A — Clasificarea avariilor în termocentralele alimentate cu combustibili fosili (Richtlinien zur Erfassung von Schäden und Stillstandszeiten in Wärmekraftwerken. Anhang A : Schadensschlüssel für Dampfkraftwerke mit fossilen Brennstoffen), 1972, ediţia a 2-a, 55 p.

* * * Directive tehnice privind reglajul turbinelor cu abur (Technische Richtlinien für Dampfturbinenregelungen), 1963, ediţia a 2 a, 55 p.

* * * Directive tehnice pentru exploatarea turbinelor (Technische Richtlinien für den Turbinenbetrieb), 1973, 54 p.

* * * Directive tehnice privind instalaţiile de ulei ale turbinelor cu abur (Technische Richtlinien für Ölversorgungsanlagen von Dampfturbinen), 1969, ediţia a 3-a, 50 p.

* * * Directive tehnice privind încercările la recepţie şi în exploatare ale condensatoarelor răcite cu aer, ale turbinelor cu abur (Technische Richtlinien für Abnahme- und Betriebsversuche an luftgekühlten Kondensatoren für Wasserdampf), 1965, 27 p.

* * * Recomandări privind prevenirea avariilor la turboagregatele cu abur. Depunerea de săruri (Empfehlungen zum Vermeiden von Schäden an Dampfturbosätzen. Innere Verschmutzung), retipărire, 1979, 30 p.

* * * Recomandări privind utilizarea materialelor plastice la turnurile de răcire (Empfehlungen über den Einsatz von Kunststoffen in Kühltürmen), 1974, 43 p.

* * * Recomandări privind obligativitatea şi organizarea protecţiei contra radiaţiilor, precum şi necesarul de spaţiu şi dotarea cu aparate în centralele nucleare (Empfehlungen für Aufgabe und Organisation sowie räumliche und apparative Ausstalung des Strahlenschutzes in Kernkraftwerken), retipărire, 1977, 16 p.

* * * Indicaţii privind condiţiile tehnice pentru elementele de combustibil cu UO_2 din reactoarele nucleare (Merkposten für die Bestellung von Kernreaktorbrennelementen mit UO_2 Brennstoff), 1977, 15 p.

* * * Procedee de curăţire a paletelor compresorului de aer la turbinele cu gaz în circuit deschis (Reinigungsverfahren für Verdichterbeschauflungen an Gasturbinen im offenen Prozess), 1977, 12 p.

* * * Protecţia contra coroziunii pentru instalaţiile de apă de alimentare şi de răcire în termocentrale (Korrosionsschutz für Speisewasser- und Kühlwasseranlagen in Wärmekraftwerken), 1968, 67 p.

* * * Recircularea prafului zburător la generatoarele de abur (Flugstaub-Rückführung für Dampferzeuger-Feuerungen), 1959, 21 p.

* * * Măsuri pentru prevenirea formării depunerilor şi a evacuării de particule solide la sistemele de ardere cu păcură (Massnahmen für Verhütung von Russflugkoks — und Russflocken-auswurf bei Ölfeuerungen), 1965, 7 p.

* * * Întreţinerea instalaţiilor de reţinere a prafului la cazanele de abur (Wartung von Ensttaubungsanlagen für Dampferzeuger), 1965, 14 p.

* * * Metode de măsurare a punctului de rouă la gazele de ardere şi a coroziunii la temperatură scăzută (Rauchgastaupunkt und Niedertemperaturkorrosion-Messverfahren), 1967, 34 p.

* * * Arderea stoechiometrică la focarele cu combustibil lichid (Nahstöchiometrischer Betrieb von Ölfeuerungen), 1969, 28 p.

* * * Măsuri pentru reducerea deteriorării suprafeţelor de încălzire la cazanele de abur ale instalaţiilor de ardere a resturilor menajere (Massnahmen zur Verminderung von Heizflächenabzehrungen in Dampferzeugern von Müllverbrennungsanlagen), 1971, 26 p.

* * * Configuraţia şi exploatarea buncărelor de cărbune (Kohlenbunker-Gestaltung und Betrieb), 1971, 26 p.

* * * Căptuşirea buncărelor, a instalaţiilor de transport şi de distribuţie a cărbunilor (Bunker, Austrags-und Zuteileinrichtungen-Auskleidungen), 1975, 13 p.

* * * Indicaţii privind proiectarea, construcţia şi exploatarea cazanelor şi instalaţiilor de ardere a resturilor menajere (Müllfeuerung und-kessel Hinweise für Planung, Bau und Betrieb), 1974, 20 p.

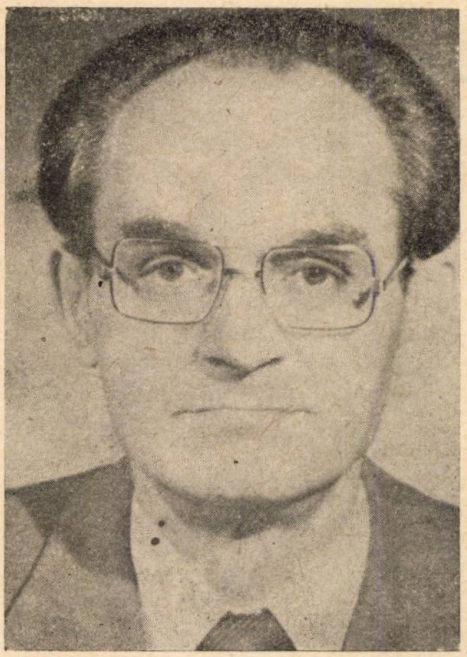
* * * Instrucţiuni privind proiectarea, construcţia şi exploatarea instalaţiilor anexe ale cazanelor de ardere a resturilor menajere (Anlagenteile vor und hinter Müllfeuerungen-Hinweise für Planung, Bau und Betrieb), 1976, 24 p.

* * * Condiţii de garanţie la spălarea gazelor de ardere de la instalaţiile de ardere a resturilor menajere (Garantieforderungen bei Rauchgaswäschen nach Müllverbrennungsanlagen), 1975, 23 p.

* * * Coroziunea şi protecţia contra coroziunii la părţile de instalaţie din drumul gazelor de ardere la cazanele de abur (Korrosionen und Korrosionsschutz rauchgasberührter Anlagenteile in Dampferzeugern), 1979 (retipărire), 27 p.

* * * Proiectarea şi condiţiile tehnice ale instalaţiilor de decarbonatare rapidă a apei (Planung und Bestellung von Schnellentcarbonisierungsanlagen), 1979 (retipărire), 15 p.

Inginerul Ştefan Berenghi
1926—1982



La 13 aprilie 1982 a încetat din viaţă prematur, după o scurtă dar grea suferinţă, inginerul Ştefan Berenghi, director al C.P.L. — din M.E.E., membru al Comitetului de redacţie al revistei „Energetica".

Născut la 2 august 1926 în comuna Bosia, judeţul Iaşi, a urmat şcoala primară în comuna natală, apoi cursurile liceale la Iaşi şi Piatra-Neamţ.

Între anii 1947 şi 1951 a frecventat cursurile Facultăţii de electromecanică a Institutului politehnic din Iaşi, obţinînd în anul 1953 diploma de inginer.

La absolvirea studiilor superioare a fost repartizat la IREB — actualul IDEB —, unde se integrează rapid şi deplin în problematica primului deceniu al electrificării, aducînd o contribuţie directă la primii paşi ai dezvoltării organizate şi planificate a reţelei de transport şi distribuţie a energiei electrice din capitală şi zonele înconjurătoare, la început ca simplu inginer, apoi ca şef al unor servicii tehnice.

Dovedind un dezvoltat spirit de analiză şi sinteză, inginerul Ştefan Berenghi a fost promovat într-un serviciu de coordonare din Ministerul Energiei Electrice în 1957, poziţie în care a colaborat activ şi eficient la elaborarea normelor tehnice de exploatare a instalaţiilor electrice, la organizarea sectorului de reţele electrice.

Pe baza calităţilor de organizator dovedite, Ştefan Berenghi este numit în 1961 inginer-şef al IDEB, pentru ca, după patru ani, în care a ştiut să se facă stimat, ascultat şi iubit de colaboratorii săi, să fie numit director al IDEB. În această funcţie îşi dăruieşte toată energia şi priceperea tehnică şi organizatorică în momentele dificile ale dezvoltării explozive a sistemului electroenergetic naţional.

Între anii 1961—1971, din iniţiativa sau sub conducerea inginerului Ştefan Berenghi, s-au realizat în IDEB salturi calitative importante în dotarea şi exploatarea instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice.

Promotor al noului şi mobilizator al întregului potenţial creator din întreprinderea pe care o conducea, Ştefan Berenghi a pus în aplicare un program complex de măsuri, care a condus la creşterea gradului de siguranţă în funcţionare a instalaţiilor electroenergetice.

În acest interval s-a experimentat şi apoi s-a generalizat trecerea de la 5—6 la 10 kV în reţeaua de medie tensiune, s-a realizat buclarea complexă în reţeaua de distribuţie de joasă tensiune, s-au făcut primele încercări de tratare a neutrului prin bobine de stingere în reţeaua de MT a capitalei, realizîndu-se şi primele cîteva tipuri de bobine de stingere cu reglaj prin ploturi sau cu miez magnetic reglabil.

Tot în aceeaşi perioadă s-a introdus conceptul şi s-a realizat noua soluţie a staţiilor electrice de racord adînc — Staţia Bucureşti-centru — cu care ocazie s-au folosit pentru prima oară la noi în ţară cabluri electrice pentru 110 kV cu izolaţie de hîrtie şi ulei sub presiune.

Pentru îmbunătăţirea exploatării reţelei electrice bucureştene s-a introdus şi s-a aplicat pentru centrala Grozăveşti conceptul funcţionării cu principalii consumatori locali separaţi de sistem, o avanpremieră a insularizării actuale.

Acest început s-a făcut în paralel însă cu dezvoltarea posibilităţilor de coordonare a manevrelor de către o treaptă intermediară de dispecer, ale cărei legături cu centrul de intervenţii rapide s-au îmbunătăţit odată cu dezvoltarea unor instalaţii moderne de telesemnalizare şi telemăsură.

Un salt important a fost realizat şi în domeniul iluminatului public, unde s-a conceput şi s-a pus în funcţiune sistemul de aprindere „în cascade" controlate şi cu stingere parţială în anumite ore ale nopţii.

În 1971, pentru a avea posibilitatea să contribuie la generalizarea în toată țara a succeselor obținute de IDEB, ing. Ștefan Berenghi a fost numit consilier în Ministerul Energiei Electrice, iar în 1973 a preluat funcția de director al Centrului de perfecționare a lucrătorilor din ramura energiei electrice și termice.

Sub conducerea sa, Centrul de perfecționare a căpătat structura, forma și dotarea actuală, subalternii săi au devenit un colectiv închegat și eficient, care folosește, alături de metodele clasice de predare, mijloace și tehnici moderne : simulatoare, televiziune în circuit închis, învățământ participativ și aplicativ, tehnică de calcul.

În calitate de director al C.P.L., ing. Ștefan Berenghi a susținut și a reușit să promoveze ideea realizării la centru a unor simulatoare de antrenament pentru pregătirea operatorilor din camerele de comandă termice ale centralelor cu grupuri de 330 și de 50 MW, dotarea centrului cu un sistem de calcul FELIX C—32 și multe alte elemente care constituie detalii fundamentale pentru succesul procesului de instruire.

Oriunde a lucrat, inginerul Ștefan Berenghi a determinat obținerea unor rezultate pozitive precise, a creat un climat de muncă favorabil, s-a dăruit muncii de dezvoltare a sistemului energetic și, prin exemplul său, a catalizat efortul creator al colegilor și subalternilor, care îi vor păstra o amintire luminoasă.

Ministerul Energiei Electrice
Centrul de perfecționare a lucrătorilor,
Institutul central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.1.01 : 621.314.5

И. И. Пурика: **Новый принцип конверсии тепловой энергии**

Принимая во внимание случаи оптимальной мощности конверсии энергии, статья демонстрирует на основе расчёта действительность нового принципа конверсии, а именно принципа минимального некомпенсирующего действия, отвечающего на вопрос, считающийся до сих пор неразрешённым. Выделяющийс вывод состоит в том, что в реальных циклах конверсии является необходимым внести срок цикла, который должен быть конечным.

Energetica 30 (1982), №, 5, стр. 197–202

ДК 621.311.87 : 662.61

Д. Быклешеану, К. Казаку, А. Рэдулеску, Н. Пэноюи Л. Михэеску: **Предварительные результаты достигнутые при сжчгании лигнитной пыли горелками со струйными ударами, у энергетического котла 100 т/час**

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 203–207

ДК 662.613.5 : 621–68

В. Гия: **Влияние пара использованного для распыления мазута на использование потерянного тепла выхлопных газов котлов**

Теоретически рассматривается влияние способа парового распыления мазута или распыления сжатым воздухом на использование потерянного тепла из выхлопных газов котлов. Показан ряд явлений, которые должны быть приняты во внимание при выработке конкретных решений по использованию потерянного тепла из выхлопных газов, результирующих при сжигании мазута с паровам распылением.

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 207–212

ДК 621.315.5 : 621.317.384

Ф. Ватрэ и *А. Кристович:* **Расчётная методология потерь активной мощности в защитных проводниках**

В статье определяется и показана расчётная методология потерь мощностей в защитных проводниках, вызванных индуктированными токами в этих защитных проводниках для разных решений сборки этих проводников.

Предложенный расчётный метод является более общим и более точным, по сравнению с методами находящимися в научной литературе, и кроме того, позволяет использовать вычислительные машины.

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 213–220

ДК 621.3.017 : 621.315.1

Г. Дарие и *Х. Бэлан:* **Вопрос проектирования и производства электронного счётчика для измерения электроэнергетических потерь ЛЭП**

Работа описывает электронный счётчик для измерения потерь электроэнергии в ЛЭП. Показана схема счётчика, составные элементы и условия которые должны быть выполнены. Счётчик был изготовлен в лаборатории по электрическим приборам электротехнического факультета, в рамках Политехнического института Клуж-Напока.

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 220–224

ДК 621.3.016.2 : 697.34

Ал. Ику: **Эффективная электрическая мощность в теплофикационном режиме в периодах снижения поставок тепла горячей водой**

Работа занимается вопросом оптимизации эффективной мощности в теплофикационном режиме, в случае поставки тепла, посредством циркуляции горячей воды в закрытой цепи, работая при частичных нагрузках. В конце работы приведен пример расчёта.

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 225–226

ДК 662.947 : 621.47

Ал. Дэнеску, Ст. Петреску и др.: **Системы захвата солнечной энергии цилиндрически-параболическими концентраторами**

На основе исследований, предпринятых Бухарестским Политехническим институтом вместе с Институтом исследований в области электротехнической промышленности — по вопросу строительства солнцеулавли-вающих устройств, с цилиндрически-параболическими концентраторами повышенных результатов — был построен солнечный паровой котёл в модулярном решении, составлен из шести модулей, каждый имеющий площадь концентратора 16 кб м (4 м × 4 м).

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 227–229

ДК 621.319.4 : 621.3.094

М. Попеску: **Оценка эффектов искажённого режима на батареи конденсаторов, путём измерени коэффициента искажения питающего напряжения**

Energetica 30 (1982), № 5, стр. 230–231

ИЗОБРЕТЕНИЯ
ХРОНИКА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ
РЕЦЕНЗИИ

INHALT

DK 621.1.01 : 621.314.5

I. I. Purica : **Ein neues Prinzip zur Umwandlung der Wärmeenergie**

Unter Berücksichtigung der Fälle in welchen die Energieumwandlung mit einem optimalen Leistungswert erzielt wird, beweist der Beitrag auf Rechenbasis die Gültigkeit eines neuen Umwandlungsprinzips, u.zw. das Prinzip der minimalen unausgeglichenen Funktion als Lösung einer bis jetzt ungelösten Frage. Die Schlussfolgerung lautet, dass es in den reellen Unwandlungszyklen notwendig ist, seine Dauer einzuführen und diese muss finit sein.

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 197–202

DK 621.311.87 : 662.61

D. Bicleşeanu, C. Cazacu, A. Rădulescu, N. Pănoiu und *L. Mihăescu* : **Teilergebnisse der Versuche für die Verbrennung des Braunkohlestaubs mit Strahlstossbrenner in einem 100 t/h -Kessel**

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 203–207

DK 662.613.5 : 621–68

V. Ghia : **Die Einwirkung des Ölzerstäubungsdampfes auf die Rückgewinnung der Brenngaswärme**

Es wird die Einwirkung der Ölzerstäuberart mit Druckdampf oder - luft auf die Rückgewinnung der Wärme aus den Brenngasen der Öfen theoretisch betrachtet. Es werden eine Reihe von Erscheinungen aufgezählt, welche bei der Erarbeitung der konkreten Lösungen zur Rückgewinnung der Wärme aus den von dem Brennvorgang des mit Dampf zerstäubten Heizöles berücksichtigt werden müssen.

Energetica 30 (1982), H.5, S. 207–212

DK 662.315.5 : 621.317.384

F. Vatră und *A. Cristovici* : **Eine Berechnungsmethode de Wirkleistungsverluste in den Schutzleitern**

Der Bericht bestimmt und zeigt die Berechnungsmethode der von den in diesen Schutzleitern induszierten Strömen hervorgerufenen Wirkleistungsverlusten, für verschiedene Bauarten dieser Leiter. Diese Berechnungsmethode hat eine grössere Allgemeingültigkeit und ist genauer als die anderen in den Literaturangaben aufgeführten Methoden und erlaubt auch die Anwendung von Computern.

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 213–220

DK 621.3.017 : 621.316.1

S. Darie und *H. Bălan* : **Über die Projektierung und den Bau eines elektronischen Zählgeräts für die Messung der Elektroenergieverluste der Elektroenergieleitungen**

Der Bericht beschreibt ein elektronisches Zählgerät für die Messung der Elektroenergieverluste in den Leitungen. Es werden sein Schaltbild gegeben, die Bauelemente und die zu vollführenden Funktionen. Das Gerät wurde in Labour für elektrische Geräte der Hochschule für Elektrotechnik des Polytechnischen Institutes Cluj-Napoca gebaut.

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 220–224

DK 621.3.016.2 : 697.34

Vl. Nicu : **Der Nettowert der elektrischen Leistung während des Fernheizbetriebs und der Herabsetzung der Wärmelieferungen durch Heisswasser**

Der Bericht behandelt die Frage der Optimierung des Nettowertes der Leistung während des Fernheizbetriebs, im Falle der Lieferung der Wärme durch Heisswasser, durch in geschlossenes, mit Teilleistung betriebenes Netz. Es wird auch ein Rechenbeispiel gegeben.

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 225–226

DK 662.947 : 621.47

Al. Dănescu, St. Petrescu u.a. : **Sonnenenergiesysteme mit zylindrisch-parabolischen Kollektoren**

Durch im Polytechnischen Institut Bukarest und im Forschungsinstitut der elektrotechnischen Industrie durchgeführten Forschungsarbeiten zur Realisierung von Sonnenenergiekollektoren zylindrisch-parabolischer Bauart mit grossen Leistungen wurde ein Dampfkessel mit Sonnenenergiebetrieb, bestehend aus sechs Modulen, jedes mit einer Kollektoroberfläche von 16 m² (4 m × 4 m) gebaut.

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 227–229

DK 621.319.4 : 621.3.094

M. Popescu : **Die Einschätzung der Einwirkung des Verformungsregimes auf die Kondensatorbatterien durch die Messung der Verzerrungskoeffizientes der Speisespannung**

Energetica 30 (1982), H. 5, S. 230–231

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN
CHRONIK
TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALUNGEN
REZENSIONEN

SOMMAIRE

CD 621.1.01 : 621.314.5

I. I. Purica : **Un nouveau principe dans la conversion de l'énergie thermique**

A base des cas où la conversion de l'énergie suppose une puissance optime, l'article montre à l'aide des calculs la valabilité d'un nouveau principe de conversion. C'est le principe de l'action minimum incompensée, qui répond à un problème qui jusqu'à présent n'a pas été résolu. La conclusion est que dans les cycles réels de conversion il est nécessaire que l'on introduise la durée du cycle, durée qui doit être limitée.

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 197–202

CD 621.311.87 : 662.61

D. Bicleşeanu, C. Cazacu, A. Rădulescu, N. Pănoiu et *L. Mihăescu* : **Résultats préliminaires obtenus lors de la combustion de la poussière de lignite dans les brûleurs à impact de jets dans la chaudière énergétique de 100 t/h**

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 203–207

CD. 662.613.5 : 621-68

V. Ghia : **L'influence de la vapeur de pulvérisation du mazou sur la récupération de la chaleur des gaz de combustio échappés des fours**

On nous propose une analyse de l'influence de la modalit de pulverisation à vapeurs ou à l'air (comprimé) du mazou sur la récupération de la chaleur des gaz de combustion échap pés des fours. Pour élaborer les solutions concrètes de récu pération de la chaleur, il faut envisager toute une série d phénomènes que l'auteur met en evidence.

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 207–212

CD 621.315.5 : 621.317.384

F. Vatră et *A. Cristovici* : **Méthodologie de calcul des perte de puissance active dans les conducteurs de protection**

On nous propose une méthodologie à l'aide de laquell on peut calculer les pertes de puissance causées par les cou rants indus dans les conducteurs de protection pour diffé rentes solutions de montage de ces conducteurs. La méthod de calcul proposée est plus générale et plus exacte que celle rencontrées dans la littérature et, de plus, elle permet l'uti lisation des calculateurs.

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 213–220

CD 621.3.017 : 621.315.1

S. Darie et *H. Bălan* : **Sur la projection et la réalisation d'u compteur d'électricité dans les lignes électriques**

On présente un compteur d'électricité qui mesure les pe tes d'énergie électrique dans les lignes électriques. On donn également le schéma du compteur, les éléments con posants et les conditions qui doivent être accomplie Le compteur a été réalisé par le laboratoire des apparei électriques appartenant à la Faculté d'électrotechnique d l'Institut polytechnique Cluj-Napoca.

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 220–224

CD 621.3.016.2 : 697.34

Vl. Nicu : **La puissance électrique nette en régime du chau fage urbain pendant les périodes des distribution rédui de la chaleur par l'eau chaude**

L'article traite du problème de l'optimisation de la pui sance nette en régime du chauffage urbain. C'est le cas o la chaleur est distribuée par l'eau chaude par un réseau cl qui fonctionne aux charges partielles. L'exposition est suiv par un exemple de calcul.

Energetica 30 (1982), np. 5, p. 225–226

CD 662.947 : 621.47

Al. Dănescu, St. Petrescu et a. : **Systèmes de captation l'énergie solaire à concentrateurs cylindriques-parabo ques**

Sur la base des recherches accomplies par l'Institut pol technique de Bucarest, en collaboration avec l'Institut recherches pour l'industrie électrotechnique visant à réalis quelques captateurs solaires à concentrateurs cylindriqu paraboliques ayant des performances très élevées, on a ré lisé une chaudière solaire à vapeur en solution modulai composée de six modules, chacun d'entre eux ayant la su face du concentrateur de 16 m² (4 m × 4 m).

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 227–229

CD 621.319.4 : 621.3.094

M. Popescu : **Evaluation des effets du régime déformant s les batteries de condensateurs en fonction du facteur distorsion de la tension d'alimentation**

Energetica 30 (1982), no. 5, p. 230–231

INVENTIONS-INNOVATIONS
CRONIQUE
MANIFESTATIONS TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES
COMPTES-RENDUS

CONTENTS

DC 621.1.01 : 621.314.5

I. I. Purica : **A New Principle for the Conversion of Thermal Energy**

Considering the cases in which the energy conversion is achieved with maximum performances, the paper demonstrates through calculations the validity of a new conversion principle, i.e. : the principle of the minimal unbalanced action, which responds to a problem considered up to the present as unsolved. The conclusion reached is that the cycle duration which must be finite is necessary to be introduced into the real conversion cycles.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 197–202

DC 621.311.87 : 662.61

D. Bîcleşeanu, C. Cazacu, A. Rădulescu, N. Pănoiu and *L. Mihăescu* : **Preliminary Results Obtained at Lignite Dust Burning with Jet Impact Burners at a 100 t/h Boiler**

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 203–207

DC 662.613.5 : 621-68

V. Ghia : **The Influence of Oil Pulverization Steam on the Heat Recovery from burning Gases Discharged from Furnaces**

The paper contains a theoretic study of the pulverization type influence by steam or compressed air of oil on the heat recovery from burning gases dicharged from furnaces. A series of phenomena needing a consideration in the outlining of real solutions for heat recovery from burning gases from steam pulverized oil burning are enumerated.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 207–212

DC 621.315.5 : 621.317.384

F. Vatră and *A. Cristovici* : **Calculation Methods for Active Power Losses in Protection Conductors**

The paper establishes and presents the calculation method of power losses in protection conductors, due to induced currents for different mounting solutions of these conductors. The proposed calculation method is more general and precise than those mentioned in literature and enables also computer applications.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 213–220

DC 621.3.017 : 621.315.1

S. Darie and *H. Bălan* : **About the Design and Building of an Electronic Counter for Electricity Losses Measurements on Power Lines**

The paper describes an electronic counter for the measurement of electricity losses on electric lines. The counter diagram, its components and the conditions required for fulfillment are also given. The counter has been built at the Laboratory of electric devices of the Electrotechnical Faculty of the Polytechnical Institute Cluj-Napoca.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 220–224

DC 621.3.016.2 : 697.34

Vl. Nicu : **The Net-Value of Electric Power in District Heating Regime During the Heat Delivery Reduction Through Hot Water**

The paper deals with the problem of the net power optimization in district heating operation when heat is delivered through hot water, through a closed network operating under partial loads. The presentation is followed by a calculation example.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 225–226

DC 662.947 : 621.47

Al. Dănescu, St. Petrescu, a. o. : **Cylindrical and Parabolic Collectors for Solar Energy Systems**

As a result of the studies carried out at the Polytechnical Institute Bucharest together with the Research institute for the electrotechnical industry for the design of high performance cylindrical and parabolic solar collectors, a solar steam boiler consisting of six modules each having a collector surface of 16 m^2 (4 m × 4 m) has been built.

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 227–229

DC 621.319.4 : 621.3.094

M. Popescu : **The Evaluation of the Deforming Regime Effects on the Condenser Batteries Through the Measurement of the Supply Distortion Coefficient**

Energetica 30 (1982), nr. 5, p. 230–231

INVENTIONS AND INNOVATIONS
CHRONICS
TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA
REVIEWS

PROMETEU

ENERGOREPARAȚII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. – Cod poştal 774170.

FABRICĂ
PIESE DE SCHIMB
PENTRU URMĂTOARELE
INSTALAȚII ENERGETICE

- turbine cu abur ;
- turbine hidraulice ;
- cazane de abur ;
- staţii de aer comprimat, pompe centrifuge, ventilatoare de aer şi gaze ;
- instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului

Cu acordul întreprinderii producătoare, se pot livra, pe baza proiectelor proprii, şi alte piese de schimb.

Trustul de Construcţii Hidroenergetice BUCUREŞTI

TCH

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON

. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC

. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI

. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE

. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE

. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE

. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE

. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI

. TARNITA, P_i = 45 MW

I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

ISPH-Designing Institute with complex profile offers :

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

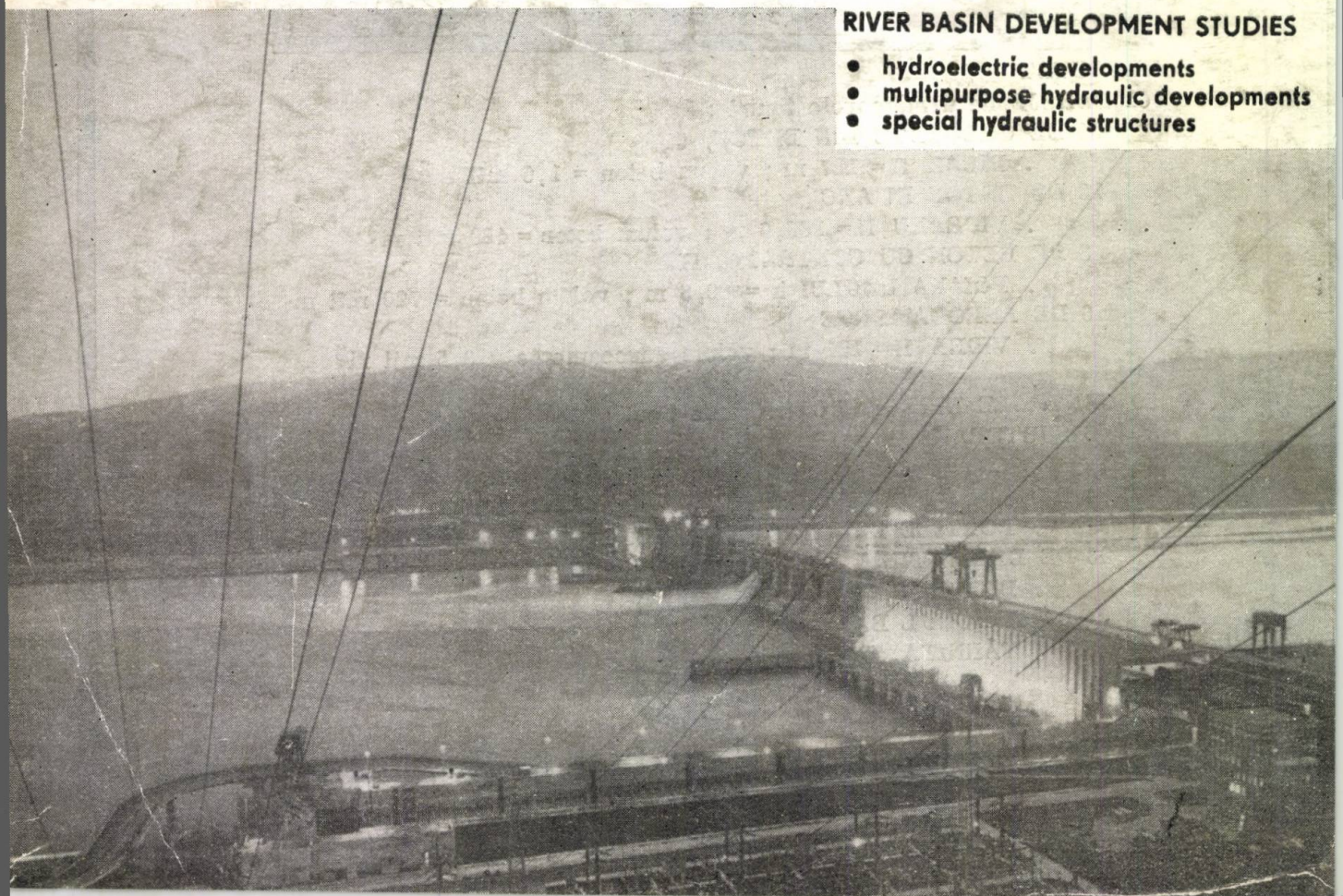
1982 DEC 9

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures



E 2039
REFERÁLVA

MW

6

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
IUNIE 1982

energetica

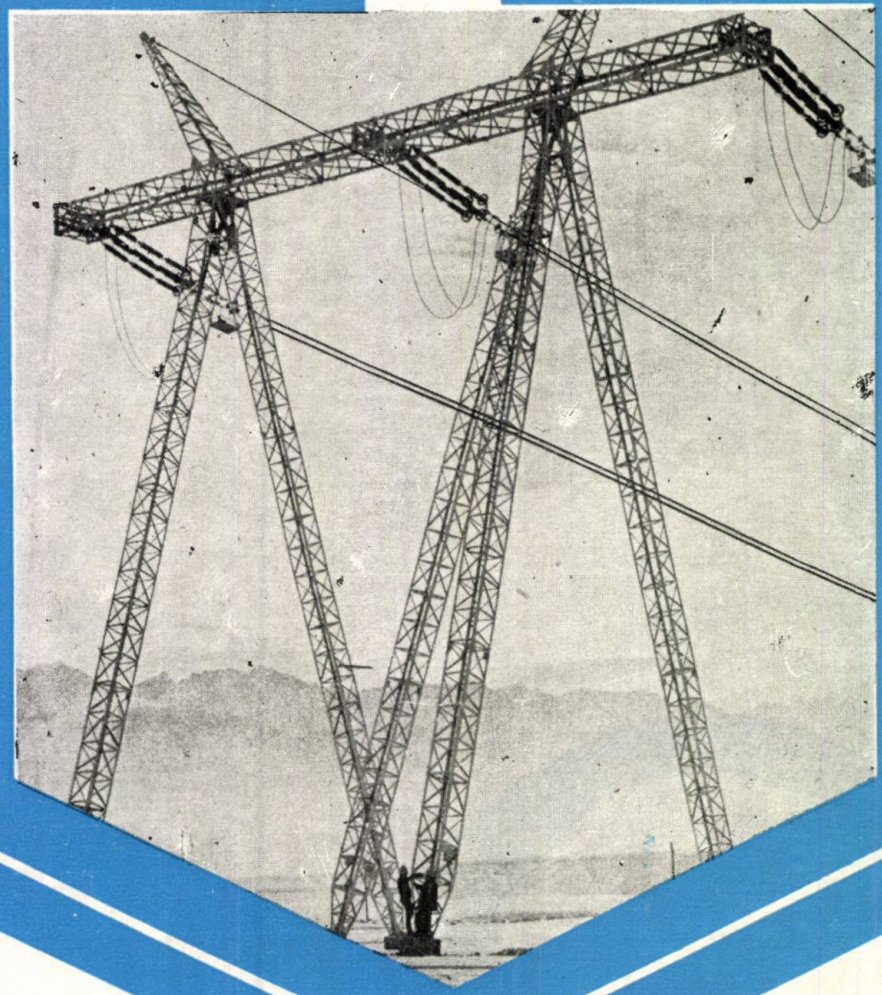
ROMELECTRO

FOREIGN TRADE COMPANY

1, Lacul Tei Blvd.
Bucharest, Romania
P.O. Box: 1–736
Cables: Romelectro Bucharest
Phone: 12 13 26
Telex: 10 449 ROEL–R

ROMELECTRO ROMANIA

EXPORT • IMPORT • POWER PROJECTS • ENGINEERING • CONSULTING • GENERAL CONTRACTOR



ROMELECTRO Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

EXPORTS :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and points ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- rural electrification equipment ;
- erection and assembling of power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers, chimneys), dams, hydrotechnical constructi etc., export and transport of electric power ;
- urban transport networks for trolley-buses ;
- studies, designs, technic assistance, expert's accounts in the power field as well as othe specific engineering jobs.

IMPORTS :

- complex power installation and equipment for thermo and hydropower generating plants ;
- specific equipment and components for the power field, relevant spare parts included ;
- equipment, apparata and materials for the erection of high, medium and low voltage lines

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **6** iunie 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

ir. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
ng. P. Cartianu
ng. M. M. Dăneilă
ng. H. Furtuneseu
ng. N. Georgian
r. ing. Gh. Luca
r. chim. Maria Maftei
r. ing. G. Manolescu
ng. B. Mareu
r. ing. A. Măeriş
ng. I. Mălereanu (redactor responsabil adjunct)
r. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
rof. dr. doc. ing. V. I. Nitu
r. ing. E. Pavel
r. ing. T. Popa

r. ing. C. I. Stoicu (secretar redacţie)

evista ENERGETICA este publicaţie nară devotată preocupărilor spirituale realizărilor materiale în domeniul nergeticii

edacţia şi administraţia:
ucureşti 74568
l. Energeticienilor 8, Sector 3
elefon: 20.67.30, 21.46.30

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

C. Mihăileanu
Reuniunea ONU privind energetica mondială în deceniul al 9-lea 247—252

M. V. Stoica
Criterii pentru optimizarea economiei de energie în procesele de conversie ciclică 253—254

E. Gatman-Săndulescu, Cr. Tololo
Studiul măcinabilităţii cărbunilor din bazinul Oltenia-Nord şi influenţa variaţiei acestora asupra performanţelor morii-ventilator 255—260

L. Lup
Indicii de disponibilitate la agregatele din centralele electrice 260—265

I. Popescu, D. Lixăndroiu, A. Forje
Testarea secvenţială a fiabilităţii sistemelor energetice reparabile prin intermediul preţului de cost al pieselor de schimb 266—270

R. Băncilă, D. Mateescu, I. Appeltauer
Cu privire la stabilitatea montanţilor alcătuiţi dintr-o cornieră, cu rezemare alternantă, la stîlpii metalici ai liniilor electrice aeriene 271—276

C. Brătianu
Determinarea cîmpului de temperaturi în pereţii conductelor termice 277—281

Rodica Andone ş.a.
Măsuri de protecţie anticorosivă a aparatajului electric destinat să funcţioneze în zone cu agresivitate chimică 282—285

P. Neagoe
Consideraţii privind controlul şi refacerea protecţiei anticorosive a blindajului puţului forţat la centrala hidroelectrică Tismana, după funcţionarea de durată 286—289

INVENŢII-INOVAŢII 289—290
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 290—291
RECENZII 291—292

Revista ,,Energetica'' este editată cu concursul permanent dat de:

chim.	**Eleonora Ataman**	dr. ing	**M. Pomârleanu**
dr. ing	**J. Constantinescu**	dr. ing	**Gh. Popa**
ing.	**Ana Dobre**	ing.	**A. Roșu**
ing.	**T. Dragomir**	ing.	**V. Rugină**
ing.	**Angelea Perea**	ing.	**I. Turcu**

În revista ,,Energetica'' se publică

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste,

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Revista ,,Energetica'' este editată și administrată de Institutul de cercetări și modernizări energetice — ICEMENERG

M. David — șeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Emilia Covaci — redactor

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei .

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. București, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică ,,Informația'', București, str. Brezoianu 23—25 c. 2259

Taxele poștale achitate conf. aprobării D.G.P. Tc. nr. 137/6463/1982

41401

Reuniunea ONU privind energetica mondială în deceniul al 9-lea

— New York, 14—18 decembrie 1981 —

În perioada 14—18 decembrie 1981 s-a desfășurat, la Sediul central al ONU de la New York, reuniunea unui grup de experți în probleme de energie, avînd ca scop evaluarea evoluției energetice mondiale în deceniul al nouălea.

Reuniunea s-a axat pe prognoza balanțelor energetice pentru anii 80 la nivel global, cu accentuarea implicațiilor asupra țărilor în curs de dezvoltare și a contribuției cooperării internaționale pentru ușurarea situației acestora. În măsura în care acțiuni întreprinse în deceniul prezent au repercusiuni asupra perioadei de după 1990, au fost examinate și aspecte de perspectivă mai îndepărtată.

Reuniunea și-a desfășurat lucrările, succesiv, pe următoarele direcții principale :

— Cererea mondială de energie și petrol : tendințe și politici energetice.

— Aprovizionarea cu energie și petrol : perspective pentru resursele energetice convenționale și neconvenționale.

— Probleme energetice speciale, caracteristice țărilor în curs de dezvoltare.

Participanții la reuniune au fost în număr de 40, invitați de Secretariatul general al ONU, dintre persoane reprezentative ale energeticii mondiale, provenind din :

— *institute de cercetare* : Institutul de economie energetică Laval din Québec (Canada) ; Laboratorul de energetică al Institutului de tehnologie din Massachussets — MIT (S.U.A.) ; Institutul internațional pentru analiza sistemelor aplicate — IIASA — din Laxemburg (Austria) ; Institutul pentru resursele viitorului — RFF din Washington D.C. (S.U.A.) ; Centrul internațional de cercetări pentru dezvoltare economică și energetică, Universitatea din Colorado (S.U.A.) ; Institutul francez al petrolului ; Institutul pentru dezvoltarea gazului din Chicago (S.U.A.) ; Fundația de cercetări pentru industria petrolului din New York (S.U.A.) ; Institutul central de cercetări energetice din București (România) ; Institutul pentru sistemele de resurse, Universitatea din Hawai (S.U.A.) ; Institutul de cercetări pentru energia electrică — EPRI din Palo Alto (S.U.A.) ;

— *companii naționale energetice și petroliere* : Petrobras (Brazilia) ; Petroperu (Peru) ; AGIP și ENI (Italia) ; Corporația indiană de petrol ; Petrocanada (Canada) ; KPRC (Kenya) ; PV (Venezuela) ; TPRC (Tanzania) ; PRPC (Pakistan) ; Chemapol (Cehoslovacia) ; NIOC (Iran) ; PETROCEI (Coasta de Fildeș) ; PCJ (Jamaica) ;

— *bănci și instituții finanțatoare* : Banca internațională pentru reconstrucție și dezvoltare — BIRD ; Banca interamericană pentru dezvoltare ;

— *organizații intergvernamentale și din sistemul ONU* : Comunitatea economică europeană (Piața Comună) — Bruxelles ; OPEC — Viena ; Organizația latino-americană pentru dezvoltare energetică — OLADE — Quito ; Centrul PNUD/UNITAR — New York ; Agenția internațională pentru energia atomică — AIEA — Viena ; Comisia economică pentru Europa a ONU ;

— *consultanți pentru energetică internațională* din Elveția, R.F.G. și S.U.A.

Trebuie subliniat că participanții la reuniune au fost invitați în calitatea lor personală, ei nereprezentînd și neangajînd sub nici o formă nici organizațiile în care activează și nici țările din care provin. Toate cheltuielile de misie, cazare și transport au fost suportate de organizatori.

Președinte al reuniunii a fost ales Zuhayr Mikdaschi, libanez de origine, în prezent profesor la Universitatea din Lausanne (Elveția). Ca vicepreședinți au fost aleși Călin Mihăileanu (România) și John Foster, consilier la Petrocanada (Canada).

Reuniunea s-a desfășurat cu prezența continuă a lui G. V. Subba-RAO, de origine indian, șeful secției de energie a Direcției afacerilor economice și sociale internaționale — DIESA — din Sediul central ONU, și s-a bucurat de prezența la deschidere, concluzii și parțial pe parcurs a secretarilor generali adjuncți ai ONU, P. N. Dhar și Jean Ripert.

Materialele care au stat la baza dezbaterilor au fost prezentate de participanți. Autorul lucrării de față a prezentat două materiale, intitulate :

— Aspecte specifice ale problemei energiei în țările cu nivel de dezvoltare în curs de schimbare (cazul României) și

— Contribuția Conferinței Mondiale a Energiei la cooperarea internațională energetică.

PRINCIPALELE ASPECTE DEZBĂTUTE LA REUNIUNE ȘI CONCLUZII DEGAJATE DIN DEZBATERILE CE AU AVUT LOC

Evoluția crizei energetice în deceniul actual

La reuniune au fost emise păreri conform cărora creșterea prețurilor petrolului în anii 1979/1980 a temperat criza energetică pentru întreg deceniul care a început și că rolul petrolului se va diminua treptat datorită unor surse alternative de energie. Această imagine și-a găsit în special susținători din S.U.A.

Acest punct de vedere este o componentă a noului „spirit al timpului", apărut în S.U.A. odată cu noua administrație. Urmînd unei imagini pesimiste în toate domeniile, începînd de la apărare și pînă la energie, manifestată în perioada finală a administrației Carter, a fost remarcat pentru început un spirit nou, marcat de mult optimism în toate fronturile. Din stadiul de „problemă echivalentă din punct de vedere moral cu războiul", care preocupa cele mai proeminente inteligențe în administrația precedentă, energia a fost abandonată acum aproape în exclusivitate forțelor pieței iar în cabinetul prezidențial nu au mai rămas personalități cu multă experiență, înțelegere sau interes pentru problemele energeticii. Acest nou optimism a reflectat într-o oarecare măsură gîndirea onestă a numeroși economiști energeticieni, care au susținut ideea corectă a importanței impactului prețurilor energiei asupra cererii.

Trebuie remarcată o îmbunătățire apreciabilă a modului de gospodărire a energiei în țările industrializate, începînd cu anul 1973. Ritmul anual de creștere a consumului de energie a scăzut în țările OECD de la 5,2% în perioada 1960—1973 la 1,3% în perioada 1973—1979, reducînd coeficientul de elasticitate față de venitul național, de la circa 1,0 la 0,3.

În 1980 consumul de energie a scăzut cu 3,2%, în timp ce venitul național a crescut cu aproape 13% (coeficient de elasticitate negativ). Aceste tendințe arată o modificare semnificativă a productivității energiei în țările industrializate : consumurile specifice medii de energie au scăzut cu 12% în ultimii șapte ani, iar cele de petrol cu aproape 20% din anul 1973.

În sfîrșit, s-au expus păreri conform cărora țările occidentale vor avea treptat mai puțină nevoie de petrol din Orientul Mijlociu în deceniul al nouălea și că între timp se va reduce substanțial dependența industriei din S.U.A. de petrolul din import, fără a mai fi nevoie de măsuri politice suplimentare din partea guvernului sau de creșteri de prețuri.

Țările OPEC, s-a argumentat, au comis o eroare triplînd prețurile în anii 1979/1980 și au declanșat astfel un proces ireversibil, care va reduce în perspectivă necesarul mondial de petrol din import pînă la un nivel mult inferior volumului minim pe care trebuie să îl exporte țările producătoare pentru satisfacerea nevoilor lor de dezvoltare.

Evenimentele din Iran și deficitul temporar de petrol de 100 milioane t/an care le-a urmat au fost accentuate de o iarnă foarte rece, de stocuri de rezervă reduse și de politica unora dintre țările producătoare de petrol care au declarat situații de „forță majoră", pentru a rezilia contractele de lungă durată existente și a vinde o parte din petrol pe piața neorganizată la prețuri mai mari.

Chiar la începutul verii anului 1980, Agenția Internațională pentru Energie (IEA) a atras în mod repetat atenția asupra faptului că cererea crescută de petrol din primăvara și vara anului 1980 nu a fost rezultatul creșterii consumului, ci al unei stocări masive în industrie. IEA a depus eforturi susținute pentru a frîna această tendință, dar succesul a fost doar parțial. În anii 1979 și 1980 Arabia Saudită a fost principala forță moderatoare în cadrul OPEC, încercînd să încetinească ritmul de creștere a prețurilor. Încercarea era aproape de a reuși în luna august 1980, dar a intervenit războiul dintre Irak și Iran, care a zădărnicit eforturile. Aceeași politică a fost continuată și pînă în 1981, producția Arabiei Saudite menținîndu-se la nivelul maxim posibil. Această țară a menținut prețurile pentru petrolul său la un nivel mai redus cu cîțiva dolari pe baril decît prețul pieței, permițînd realizarea unor profituri neașteptate companiilor care l-au cumpărat.

Desigur că această politică nu s-a bucurat de mare popularitate în toate cercurile, dar ea a fost aplicată deoarece politicienii saudiți nu au considerat că Arabia Saudită ar avea în perspectivă un interes în ridicarea în continuare a prețurilor după dorința „durilor" din OPEC.

Creșterile de prețuri din perioada 1979/1980 au fost cauzate în primul rînd de forțele pieței. Dacă țările industrializate ar fi luat măsuri mai ferme împotriva unor modificări ciclice de stocuri și ar fi creat stocuri de rezervă strategice guvernamentale (folosindu-le atunci cînd se produce panică), creșterile de preț ar fi fost probabil mai reduse.

Erodarea de prețuri care s-a produs în cursul anului 1981 este de asemenea rezultatul acțiunii forțelor pieței ca urmare a conjuncturii economice nefavorabile, a măsurilor de conservare a energiei și a substituirii petrolului cu alți combustibili, combinată cu reducerea stocurilor la nivelul consumatorilor și al industriei, precum și al politicii de producție promovată de Arabia Saudită în direcția reducerii prețurilor. Acest proces de reducere a prețurilor (în dolari 1980) s-ar putea să mai continue pentru o perioadă limitată. Speranțele „durilor" din OPEC, care consideră că prețurile nu pot evolua decît într-un singur sens — în sus —, se bazează, pare-se, pe presupunerea că petrolul nu este supus acțiunilor forțelor normale ale pieței. Evoluția pieței petrolului în perioada 1979/1980 a arătat că Arabia Saudită a făcut eforturi susținute pentru a combate creșterea prețurilor, situație care s-a soldat cu efecte financiare și politice negative asupra sa pe termen scurt.

Impactul pe termen scurt al prețului petrolului asupra cererii

Consumul de petrol al țărilor OECD a fost de 2075 milioane tep în anul 1979, un maxim absolut pentru țările industrializate.

După cum se știe, elasticitatea consumului de petrol față de preț, pe durată scurtă, este mică, deoarece durata de reacție a consumatorilor particulari și industriali la prețuri mai mari este de cîteva luni, pentru a se ajunge la o reducere a activității economice.

Se pare însă că o parte a consumului aparent în anul 1979 a constituit-o acumularea de stocuri la consumatori. Această presupunere este însă foarte dificil de măsurat și nu există date certe pentru a o demonstra. Se poate însă afirma că a fost o cauză substanțială și a contribuit la presiunile asupra prețurilor.

În momentul în care economiile țărilor OECD au intrat într-o perioadă de recesiune serioasă și noile prețuri la petrol au început să-și facă simțit efectul, s-a redus în măsură considerabilă consumul de energie, în comparație cu valorile prognozate.

După cum rezultă din tabel, impactul triplării prețurilor petrolului în perioada 1979/1980 a fost foarte semnificativ.

Consumul trimestrial de petrol în țările OECD pe perioada 1979/80 (milioane tep)

	Trim. I	Trim. II	Trim. III	Trim. IV	Anual
1980	514	447	439	477	1877
1981	471	421	423	466	1781
Reducerea consumului în % 1981/1980	8	6	3,5	2	5,1

Reducerea efectivă de 9% a consumului de petrol în țările OECD în 1979/1980 a constituit o surpriză pentru analiști. În majoritatea aprecierilor se prevedea o reducere de 3—5%. După cum se vede, pentru prima jumătate a anului 1981, consumul de petrol în țările OECD a fost din nou redus cu 6—7% față de prima jumătate a anului 1980, iar consumul total de petrol a fost, pare-se, în anul 1981 cu circa 5% sub nivelul anului precedent.

Reducerea s-a datorat în parte impactului prețurilor și în parte recesiunii economice. Este dificil de spus care este contribuția fiecăreia dintre aceste două cauze și ce se va întîmpla cînd și dacă țările OECD vor ieși din această a doua mare recesiune postbelică.

Activitatea economică

Creșterea de prețuri din perioada 1979/1980 s-a suprapus pe o perioadă de creștere economică relativ modestă (circa 3,5% pe an în perioada 1977/1979), cînd folosirea capacităților de producție era la niveluri subnormale. Exprimată în termeni generali, creșterea prețurilor la petrol s-a manifestat prin trei efecte distincte asupra activității economice. Primul și cel mai imediat efect a fost transferul avuției reale de la consumatorul spre producătorul de petrol. Acesta se mai numește *efectul condițiilor comerciale*.

Creşterea masivă a preţului petrolului comercializat pe piaţa internaţională în perioada 1979/1980 a avut ca efect sporirea transferului de venit real din ţările membre OECD spre producătorii de petrol, de circa 2% din venitul total al ţărilor OECD în anul 1980. În anii care urmează se va plăti o sumă similară, dacă nu se va produce o reducere semnificativă a volumului petrolului importat.

Cel de-al doilea efect consecutiv a fost *pierderea cauzată de cererea redusă de mărfuri* ca urmare a sumelor excedentare necheltuite de ţările membre OPEC. Pierderile acestea sînt estimate la 3% din produsul naţional brut al ţărilor OECD pentru anul 1980.

În sfîrşit, o altă pierdere în domeniul producţiei şi al activităţii economice a constat în *înăsprirea politicii fiscale şi monetare.*

Aceasta este de fapt o reacţie deliberată din partea ţărilor OECD, care au încercat astfel să împiedice ca procesul de creştere a preţurilor la petrol să sporească inflaţia internă a fiecărei ţări. Pierderea aceasta se estimează a fi de circa 1% din produsul naţional brut al ţărilor OECD în 1981.

Impactul major al celei de-a doua ridicări a preţurilor petrolului asupra inflaţiei, a producţiei şi productivităţii încă nu s-a încheiat. Creşterea estimată a venitului naţional real al ţărilor OECD a scăzut cu circa 2,5% sub nivelul prognozat conform tendinţelor manifestate în perioada 1977/1979. Produsul naţional brut va fi în 1981 cu probabil 6% (circa 500 miliarde dolari) mai mic decît ar fi putut fi fără ultima creştere explozivă a preţurilor la petrol. În plus, pierderea cumulativă a venitului real canalizată spre ţările OPEC, datorată deteriorării condiţiilor comerciale, se va fi ridicat la 4% în 1981. Dacă se adaugă efectul înăspririi politicii monetare şi fiscale, pierderea totală a venitului real pentru perioada 1979/1980 depăşeşte 1000 miliarde dolari.

Se aşteaptă ca economia ţărilor OECD să marcheze o revenire lentă în 1982, iar dacă inflaţia se va reduce, se crede că începînd cu anul 1983 se va putea spera că ţările industrializate vor putea să-şi însănătoşească treptat economiile.

Eventuala revenire va avea ca urmare şi o creştere a cererii de energie, dar moderată totuşi din cauza creşterii preţurilor din perioada 1979/1981, care se va mai resimţi încă.

Este imposibil de afirmat, în momentul de faţă, cît din reducerea consumului de petrol în ţările OECD, de la 1979 încoace, s-a datorat forţelor ciclice şi cît celor structurale. S-a estimat, la reuniune, că 50% sau puţin mai mult din reducerea cererii de petrol s-a datorat politicii de conservare a energiei şi substituirii altor combustibili; această parte a reducerii de consum de petrol este definitivă. Însă, cam între o treime şi o jumătate din reducere a fost cauzată nu de forţe structurale, ci de forţe ciclice, iar de îndată ce economiile ţărilor industrializate îşi vor reveni din recesiune, cererea anuală de petrol va creşte treptat cu pînă la de ordinul a o sută de milioane tone de petrol.

Situaţia conjuncturii pe piaţa petrolieră, pe termen scurt

Situaţia cererii de petrol în perspectiva apropiată va depinde de performanţele economice ale ţărilor OECD precum şi de preţurile viitoare la petrol şi de dezvoltarea ratei de schimb a valutelor naţionale. Chiar şi pe termen scurt, prognozele economice nu sînt sigure. Prevederea bine stabilită, regulată a evoluţiei, chiar fundamentată prin prognoze, se poate modifica uneori foarte brusc.

Cele mai labile sînt pentru moment efectele dobînzilor mari.

În tabel sînt prezentate situaţia şi prognoza economică a ţărilor OECD, aşa cum au rezultat de la reuniune.

Variaţia anuală a venitului naţional

faţă de anul precedent

	1980	1981	1982 (estimat)
S.U.A.	−0,2	2,5	1
Japonia	4,2	3,5	4
Franţa, R.F.G.. Anglia, Italia	1,3	−1	1,5
Alte ţări OECD	1,6	1,5	2,75
Total ţările OECD	1,3	1,25	2

Această prognoză presupune că nu vor exista modificări majore în politicile fiscale şi monetare, nici în ratele de schimb şi nici în preţurile reale la petrol pînă la sfîrşitul anului 1982.

Din analiza efectuată în cadrul OECD, revenirea economiilor ţărilor OECD, care în decembrie 1980 se sconta să se producă în prima jumătate a anului 1981, se pare că va fi întîrziată substanţial mai mult.

Cea mai mare incertitudine privind creşterea economică în 1982 există pentru Statele Unite. Estimările publicate în diferite surse prevăd o creştere reală mergînd de la sub 1% pînă la 5% (estimările oficiale ale administraţiei).

Acţiunea stagnării economice asupra reducerii cererii de petrol a fost în perioada 1980/1981 mult mai semnificativă decît pentru perioada de doi ani care a urmat şocului petrolier din 1973. Venitul brut real în ţările OECD a crescut cu numai 0,6% în 1974 şi a scăzut cu 0,5% în 1975. Cererea de petrol a scăzut însă doar cu 4% în 1974 şi cu încă 3% în 1975.

Ca urmare a şocului produs de creşterea preţului petrolului în perioada 1979/1980, creşterea economică a fost totuşi de 1,3% în 1980 şi de 1,25% în 1981. În ciuda ritmurilor de creştere mai mari decît în 1974/1975, consumul de petrol a scăzut cu 9% în 1980 şi cu peste 5% în 1981.

După creşterile de preţuri la petrol din perioada 1973/1974, preţul real al acestuia a scăzut cu 2,9% pe an între 1974 şi 1978 şi consumul de petrol în ţările OECD a crescut la loc rapid, în aceeaşi perioadă, de la 1875 milioane tep în 1975 la 2075 milioane tep în 1979.

Deoarece se pare că rezervele de petrol depozitate pe uscat se vor reduce substanţial în următoarele două trimestre şi o parte din stocurile flotante vor fi transferate pe uscat, rezervele totale ale ţărilor OECD vor reprezenta 90 zile de consum la sfîrşitul primului trimestru al anului 1982.

Este de aşteptat ca după iarna 1981/1982 să se producă o refacere a rezervelor în vară.

Luînd ca bază datele de mai sus şi continuînd politica de conservare şi de substituire a combustibililor, ca efect al creşterii preţurilor în perioada 1979/1980, a rezultat următoarea imagine despre anul 1982.

Perspectiva pe termen scurt a pieței petrolului (milioane tep)

Anul	1979	1980	1981					1982
Trimestrul			I	II	III	IV	An	(prel.)
Consum de petrol								
Țările OECD	2075	1875	471	421	423	466	1781	1805
Alte țări	515	540	135	133	135	137	540	560
Total mondial (exclusiv țări socialiste)	**2590**	**2415**	**606**	**554**	**558**	**603**	**2321**	**2365**
Producție de petrol								
Țările OECD	720	745	200	190	180	180	750	760
Țările în curs de dezvoltare afară de OPEC	260	280	75	84	78	78	315	325
Export net al țărilor socialiste	55	50	10	10	10	10	40	40
Țări OPEC	1580	1380	311	283	276	298	1168	1210
Spor de prelucrare	25	30	8	8	7	7	30	30
Total mondial (exclusiv țări socialiste)	**2640**	**2485**	**604**	**575**	**551**	**573**	**2303**	**2365**
Variație de stocuri	+50	+70	−2	+31	− 7	−40	−18	0

În concluzie, consumul mondial de petrol pe 1982 se scontează să crească cu mai puțin de 2%. Cu o oarecare creștere a producției de petrol în țările nemembre OPEC, cererea de petrol din țările OPEC va crește doar cu circa 40 milioane tep în anul 1982, față de nivelul actual scăzut.

În condițiile prezente s-ar spune că Arabia Saudită va reuși în scopul propus : reducerea prețurilor oficiale și a diferențierilor în funcție de calitate, pentru a reflecta mai bine valorile pieței.

Dacă războiul dintre Iran și Irak s-ar fi încheiat în vara anului 1981, cum au scontat mulți experți, în urmă cu un an, aceste două țări ar fi fost probabil dispuse să vîndă împreună circa 250 milioane tep, în comparație cu cantitatea actuală de 90 milioane tep. Aceasta ar fi contribuit în plus la tendințele de reducere a prețurilor.

Dat fiind nivelul estimat relativ coborît al vînzărilor de petrol din țările OPEC, și în anul 1982 se contează pe menținerea unor prețuri constante de petrol pînă în 1990, adică se exclude posibilitatea altor crize majore de petrol.

Dar aceasta a fost doar una dintre presupuneri. Incertitudinile legate de cererea și oferta de energie și petrol sînt numeroase pentru deceniul următor.

Orice estimare a cererii de energie depinde de impactul asupra acesteia a două variabile principale : creșterea economică și prețurile resurselor energetice. Există și alte variabile care influențează cererea pe durată lungă, cum ar fi, de exemplu : modificări în structura economică, politicile financiare guvernamentale etc., dar primele două sînt cele esențiale.

Estimările curente pentru creșterea economiei pe lungă durată pentru țările OECD variază de la 2% pînă la 3% anual pentru deceniul în curs. O diferență de o jumătate de procent la creșterea economică are ca efect 1/4 de miliard tep mai mult sau mai puțin în cererea anuală de energie a acestor țări, la sfîrșitul intervalului.

Elasticitatea cererii față de prețuri este, de asemenea, foarte dificil de estimat, în parte pentru că încă nu se dispune de suficiente date precise pentru a măsura efectul variațiilor de prețuri din trecut și în parte pentru că trecutul nu este neapărat un indicator adevărat pentru viitor. Estimările elasticității cu prețurile pentru perspectiva de lungă durată au fost foarte diferite de la expert la expert, diferențe relativ mici la estimări avînd efecte considerabile pe perioada examinată.

Astfel, prognozarea unor ritmuri înalte de creștere economică, conjugate cu elasticități conservatoare (înalte), conduce la estimarea unei cereri de energie crescute, pe cînd estimarea unei creșteri economice scăzute, împreună cu elasticități mai mici (efect al conservării energiei), conduce la rezultate contrare. Deoarece toți sîntem într-o oarecare măsură prizonierii prezentului, tindem să extrapolăm trecutul apropiat în viitor. Incertitudinile care înconjură, pe durată lungă, atît creșterea economică cît și elasticitatea prețurilor, se pretează unor dezbateri politice.

În discuțiile purtate în prezent în Franța, despre energia nucleară de exemplu, estimările Electricité de France referitoare la consumul de energie electrică în viitor sînt mult mai mari decît cele ale mișcărilor ecologiste, în mare măsură din cauza diferențelor dintre aprecierile fiecăruia.

Astfel, EdF poate „demonstra" necesitatea construirii mai multor centrale electrice, în timp ce ecologiștii „demonstrează" posibilitatea renunțării la construcția mai multor centrale din cauză că cererea de energie va fi mult mai redusă decît estimează EdF. Cine are dreptate? Doar viitorul va decide.

Guvernele și instituțiile care au o atitudine realistă întocmesc cel puțin două variante de planificări, una cu valori mai ridicate și alta cu valori mai moderate, acoperind astfel majoritatea incertitudinilor în ceea ce privește creșterea economică, elasticitatea prețurilor sau alte evenimente neprevăzute.

Estimările făcute la începutul anilor 70, pentru producția de petrol „necesară" din țările OPEC pentru mijlocul deceniului în curs, erau de 2250—2750 mil. tep.

Astăzi însă, cînd petrolul costă 35 dolari, și nu 3,50 dolari, barilul, chiar cu elasticități conservatoare față de prețuri și ritmuri înalte de creștere economică, presupuse ca ipoteze, se ajunge la un necesar substanțial mai mic decît estimările trecute. Ba chiar au fost emise păreri — singulare ce e drept — că pe scară mondială energia disponibilă sub alte forme decît petrolul va depăși în deceniul în curs cererea. Cum de este posibilă o astfel de afirmație după tot ce s-a constatat și se constată despre criza energetică și încercările făcute în trecut (și încă necesare azi) de a înlocui petrolul oriunde se poate cu alte surse decît petrolul?

Printre argumentele arătate au fost : ritmurile scăzute de creștere economică la începutul deceniului în curs împreună cu impactul puternic al prețurilor sporite asupra cererii, pe durată scurtă și medie, ceea ce a dus la o reducere vizibilă a cererii de energie ; dobînzi mari și profituri slabe în multe sectoare industriale, care sînt motive descurajatoare pentru investiții ; politici guvernamentale foarte pasive ; incertitudini asupra profitabilității viitoare a investițiilor în energie care au fost în parte rezultatul unei incertitudini asupra evoluției prețului petrolului ; numeroase impedimente de natură tehnică sau economică pentru înlocuirea petrolului.

Rezultatul tuturor acestor factori poate fi cel descris în poziția luată de unii experți privind prognoza pe durată lungă : o creștere treptată, dar nu dramatică, a utilizării generale a energiei de alte forme decît petrolul, în țările indus-

trializate și o reducere ușoară a volumului absolut (mai accentuată ca proporție relativă) al petrolului utilizat în prezent de țările industrializate.

Numeroase puncte de vedere exprimate la reuniune au arătat că, drept rezultat al evoluției descrise mai sus, prețurile petrolului exprimate în dolari 1980 vor rămîne constante, pînă în 1990 și, după unii autori, chiar pînă în anul 2000.

Unele opinii au prevăzut o creștere treptată a prețurilor petrolului în valori constante (cu circa 2% pe an) în deceniul al nouălea și în perioada următoare.

Nu au fost însă confirmate opiniile care au circulat în unele cercuri, conform cărora țările OPEC sînt în fața unei situații falimentare, deoarece chiar volume reduse de petrol exportate la prețuri ce nu vor mai crește asigură veniturile necesare pentru acoperirea cheltuielilor care condiționează realizarea programelor de dezvoltare ale acestor țări

Așadar, evoluția pieței petrolului, care se profilează în perspectiva apropiată și medie, este aceea a unor prețuri (exprimate în dolari 1980) constante sau chiar în ușoară scădere pentru restul deceniului ce a început. O astfel de prognoză presupune, desigur, că nu se vor produce evenimente disruptive majore în principalele țări producătoare din Golful Persic. Presupunînd o redresare ușoară a economiei țărilor OECD în 1982 (începînd din a doua jumătate a anului) și o creștere economică substanțială a acestora (4%) în 1983, care apoi s-ar mai reduce, pare totuși puțin plauzibil ca sub efectul unor prețuri reale constante, sau chiar ușor erodate, să crească *cererea de petrol în țările OECD*, mult peste nivelul *actual*, pînă la mijlocul deceniului în curs. Avînd în vedere că cererea internă de petrol în țările producătoare de țiței, în curs de dezvoltare, va fi tot mai mare și excluzînd țările socialiste ca importatoare sau exportatoare importante pe piața internațională, cererea de petrol din țările OPEC se va menține pentru restul deceniului la nivelul anului 1980, sau chiar mai jos. Pare rezonabil ca pînă în 1983 — data cea mai apropiată la care ar putea să devină din nou mai fermă cererea de petrol din țările OPEC — producția din Iran și Irak va depăși cantitatea din prezent, de 90 mil. tep/an. În aceste condiții, pentru următorii ani, singura țară care ar putea impune o creștere substanțială a prețului petrolului, printr-o modificare bruscă și brutală a politicii de producție, este Arabia Saudită. Deși nici politica Arabiei Saudite nu este absolut sigură, totuși, pentru moment cel puțin, nu există indicii că ar putea apărea o astfel de situație.

Cîțiva ani de menținere constantă a prețurilor reale la petrol ar avea un efect pozitiv asupra economiei mondiale, contribuind la redresarea mult așteptată. Dar, între timp, deciziile referitoare la investițiile în energetică vor fi încetinite sau amînate din motivele descrise anterior : niveluri de profit mai scăzute în industrie, dobînzi ridicate, o cerere mai redusă de energie în perspectiva apropiată și incertă în perspectiva mai îndepărtată.

Ca urmare a unei creșteri modeste a cererii de energie în deceniul al nouălea, sursele alternative înlocuitoare ale petrolului se vor dezvolta moderat.

Dacă prețul petrolului rămîne constant, și chiar dacă mai tîrziu în cursul deceniului va crește ușor, nu vor fi suficiente doar forțele pieței pentru reducerea cotei petrolului în consumul țărilor OECD mult sub 35—40% în 1990 și 30—35% pînă la sfîrșitul secolului. Cu alte cuvinte, cantitățile absolute anuale de petrol consumate de țările OECD în 1990, și chiar în anul 2000, nu vor fi mult sub cele din ziua de azi.

În afara OECD, consumul de petrol va crește însă rapid în țările producătoare de petrol (OPEC și nemembre OPEC), precum și în țările în curs de dezvoltare care se vor industrializa între timp, ca : Brazilia, Coreea de Sud etc. În studiile întocmite de Banca Mondială, se arată că cererea de petrol în țările în curs de dezvoltare va crește cu circa 50% în deceniul nouă, dacă ritmul mediu de creștere economică va fi de 5% în aceste țări. O analiză efectuată recent de firma Exxon referitoare la cererea mondială de energie arată o creștere spectaculară a consumului de petrol în țările în curs de dezvoltare, în timpul următoarelor două decenii.

Cererea mondială *totală*, exceptînd țările socialiste, ar crește din nou, de la nivelul actual scăzut, de circa 2300 mil. tep/an, la 2450—2550 mil. tep/an la mijlocul deceniului nouă și pînă la 2600—2750 mil. tep/an în jurul anului 1990.

Acoperirea cu resurse a cererii mondiale de petrol

Din dezbaterile reuniunii a rezultat că în deceniul al nouălea nu este previzibilă descoperirea unor zăcăminte „uriașe" noi, așa încît producția mondială de petrol, cu excepția țărilor socialiste, va crește în cel mai bun caz cu foarte puțin, sau ar putea chiar să scadă ușor sub nivelul actual de 2300 mil. tep produse în anul 1981.

În continuare se vor examina principalele zone geografice.

America de Nord

Producția de petrol și gaze naturale din S.U.A., și anume, din cele 48 de state din sud, va continua să scadă în deceniul al nouălea ; cifrele din rapoartele principalelor companii petroliere estimează o producție totală de petrol și gaze naturale în 1990 (inclusiv Alaska) între 350 și 475 mil. tep/an. Adăugînd combustibilii sintetici (mai ales petrol din șisturi bituminoase), producția de combustibili lichizi ar putea atinge în S.U.A. între 360 și 490 mil. tep/an.

Producția probabilă de combustibili lichizi în S.U.A. (inclusiv combustibilii sintetici) se va cifra, după părerea degajată la reuniune, undeva între 410 și 435 mil. tep/an la sfîrșitul deceniului. După aceea, un rol hotărîtor îl vor avea eventuale noi descoperiri din largul coastelor Alaskăi, de care va depinde construcția celei de-a doua conducte traversînd Alaska.

Producția Canadei va scădea pînă la mijlocul deceniului al nouălea ca urmare a declinului producției din zona petrolieră Alberta. Curba de scădere s-ar putea redresa la sfîrșitul deceniului, cînd vor intra în producție primele zone petroliere din New Foundland (Hibernia) și zăcămintele de nisipuri bituminoase. Astfel, Canada ar deveni o țară independentă în materie de petrol în jurul anului 1985, devenind chiar un exportator la sfîrșitul deceniului nouă și începutul deceniului zece. Potențialul de petrol al țării, aflat în largul coastelor zonei New Foundland și în regiunea Arctică, este promițător, astfel că producția de petrol ar putea depăși 100 mil. tep/an în deceniul zece.

Marea Nordului

Producția din Marea Nordului ar putea atinge, din punct de vedere tehnic, circa 175 mil. tep/an la mijlocul deceniului nouă, menținîndu-se la acest nivel tot deceniul. Sărăcirea rezervelor și politica de impunere din unele țări limitrofe cu Marea Nordului vor limita însă producția *la* sau *sub* 150 mil. tep/an, nivel care va putea fi menținut și la începutul deceniului zece. În restul Europei, producția însumată nu va depăși 25 mil. tep/an.

Producția totală a țărilor OECD, inclusiv Australia, va putea fi cuprinsă între 700 și 800 mil. tep/an în 1990 și între 650 și 750 mil. tep/an la sfîrșitul secolului.

Țări în curs de dezvoltare nemembre OPEC

Producția în aceste țări era de 300 mil. tep în 1980, mai mult de o treime din total fiind produs în Mexic (125 mil. tep). În anii următori vor mai apărea și alte numeroase țări ca producătoare de petrol pe toate cele trei continente (America, Africa, Asia).

Singurul participant masiv la producția de petrol a acestor țări pare să rămînă Mexicul. Producția totală a țărilor în curs de dezvoltare nemembre OPEC se consideră că va crește la 500—600 mil. tep în 1990, contribuția Mexicului rămînînd cuprinsă între o treime pînă la 40% din producția acestor țări.

S-a dezbătut mult, la reuniune, problema explorărilor pentru descoperirea de noi zăcăminte de petrol și gaze naturale în țările în curs de dezvoltare nemembre OPEC. Unii participanți s-au bazat, în afirmațiile lor optimiste, pe gradul redus de explorare din aceste țări pînă în prezent.

Alți participanți au citat însă marile companii petroliere care afirmă, că, de fapt, potențialul acestor resurse este supraestimat și că activitatea de explorare a avut, totuși, un avînt remarcabil în deceniul al optulea.

Aceleași surse afirmă că situația investițiilor în țările în curs de dezvoltare are un efect inhibitor asupra explorărilor. Unele țări în curs de dezvoltare manifestă neîncredere față de afacerile cu companiile petroliere multinaționale, iar reprezentanții acestor companii sînt circumspecți la riscurile explorărilor și investițiilor. Pe lîngă problemele politice însă, experții industriei petroliere nu sînt de părere că ar mai exista zone petroliere importante neexplorate în lume, care să contribuie în mod decisiv la producția mondială. Aceasta însă nu înseamnă că astfel de rezerve nu ar satisface în întregime nevoile de petrol ale unor țări în curs de dezvoltare, eliberîndu-le de povara importurilor.

Deși incertitudinile referitoare la potențialul productiv sporesc pe durată lungă, producția, după majoritatea estimărilor experților, a oscilat între 600 și 700 mil. tep/an pentru țările în curs de dezvoltare ne nembre OPEC, pînă la sfîrșitul secolului.

Țările socialiste

Dintre țările socialiste, U.R.S.S. este cea mai mare producătoare de petrol.

Producția de petrol a crescut rapid de la 150 mil. tep în 1960 la 355 mil. tep în 1970 și 600 mil. tep în 1980. Ritmul de creștere a scăzut însă mult în cea de-a doua jumătate a deceniului opt și din estimările oficiale reiese o creștere a producției de 1% pe cincinalul actual. Problema este dacă producția de petrol se va menține constantă în următorii ani sau dacă va evolua în sensul unei creșteri sau scăderi ușoare.

S-a afirmat, după unele surse guvernamentale și rapoarte industriale din Vest (singurul expert participant din U.R.S.S. la reuniune activează în aparatul CEE-ONU de la Geneva), că producția va scădea ușor, posibil chiar la mijlocul deceniului nouă și probabil în a doua parte a deceniului. Comparînd situația necesarului și acoperirii cu resurse energetice și petrol în țările membre CAER, s-a estimat că în cel mai bun caz nu se va mai putea conta pe un sold exportator și în cel mai rău caz se vor importa de către țările CAER între 75 și 100 mil. tep/an la sfîrșitul deceniului.

În ceea ce privește Republica Populară Chineză, s-a apreciat că prognozele recente cu privire la posibilitatea ca această țară să devină un important exportator de țiței, către mijlocul deceniului nouă, s-au mai temperat. Pînă acum producția s-a menținut la circa 100 mil. tep/an, iar pînă vor intra în exploatare curentă zăcămintele din China de sud și est exporturile nu vor crește.

OPEC

Țările OPEC vor rămîne cel mai important furnizor, deoarece capacitatea lor de producție totală actuală este de 1700 mil. tep/an. Capacitatea de producție a țărilor OPEC nu se va modifica substanțial în deceniul nouă. O serie de țări au optat pentru o producție sub capacitate, din cauza combinată a dorinței de evitare a epuizării rezervelor și a capacității limitate de absorbție a veniturilor încasate din vînzări. Kuweitul, Nigeria și Indonezia și Algeria sînt exemple concludente pentru acest grup.

Astfel, dacă nu apar evenimente politice disruptive importante, țările OPEC nu vor fi nici în măsură și nic doritoare să producă mai mult de 1450—1500 mil. tep/an petrol și gaze naturale lichefiate. Deoarece crește rapid și consumul intern în aceste țări, vor scădea substanțial exporturile potențiale în cea de-a doua jumătate a deceniului nouă Din cauza problemelor politico-sociale cu care sînt confruntate unele dintre principalele țări producătoare de petrol din cadrul OPEC, producția riscă să scadă în mod considerabil.

În concluzie, producția potențială mondială de petrol, cu excepția țărilor socialiste, se situează între 2500 și 2650 mil. tep la mijlocul și către sfîrșitul deceniului nouă. Aceasta ar fi absolut suficient pentru acoperirea cererii mondiale la prețuri reale constante în următorii cîțiva ani, dar după această perioadă situația se va încorda probabil din nou.

S-au profilat însă numeroși nori politici pe firmamentul pieței petrolului. Peste cîțiva ani — după cum am arătat — piața petrolului se va încorda din nou și țările OPEC vor fi chemate să-și sporească din nou producția.

Țările Orientului Mijlociu și din Africa de Nord, unde se găsesc cele mai mari rezerve, au un viitor politic care rămîne foarte incert, cu riscuri serioase de reducere a producției.

Este adevărat că creșterea prețurilor petrolului în perioada 1979—1980 a dus la intensificarea eforturilor în domeniul conservării și înlocuirii combustibililor convenționali, dar în același timp, din motivele arătate mai înainte apare riscul amînării unor investiții importante în centrale electrice noi, instalații de producere și transport de gaze naturale, instalații de producere a combustibililor sintetici etc., menținîndu-se astfel o dependență prea mare în continuare față de petrolul din import, mai mare decît o sugerează prognozele optimiste. Apare, astfel, din nou riscul unei stări de mulțumire periculoasă. În loc să se folosească acești cîțiva ani de stabilitate în prețurile petrolului pentru a progresa pe drumul energeticii de tranziție către era postpetrolieră, o mulțumire de sine la toate nivelurile societății ar putea din nou să mărească vulnerabilitatea pe termen lung în cazul întreruperii furnizării petrolului. Împotriva unui astfel de pericol trebuie luptat cu forțele reunite, atît ale țărilor consumatoare cît și ale celor producătoare, dezvoltate sau în curs de dezvoltare. În această privință, reuniunea a marcat un consens surprinzător, ținînd cont că există totuși interese imediate aparent divergente.

S-a apreciat că situația actuală mai relaxată de pe piața petrolului ar trebui folosită atît de sectorul particular cît și de cel guvernamental. Trebuie învinse impedimentele juridice, politice și de altă natură și să se exploreze și dezvolte resursele de combustibili fosili în țările industrializate. Industria energetică trebuie stimulată prin reduceri de impozite și reglementări mai puțin stricte, astfel încît să crească producția internă și să se amelioreze eficiența consumului.

În caz contrar se poate crea posibilitatea producerii unei a treia crize petroliere pe la mijlocul deceniului nouă

Consecințele unei astfel de crize sînt evidente, o creștere în plus a inflației și o perioadă de cîțiva ani de stagnare sau chiar regres economic, cu atingerea unor cifre record în materie de șomaj.

Criza petrolului din anii 1979/1980 a redus venitul mondial brut cu peste 1000 miliarde de dolari.

Investirea doar a unei fracțiuni din această sumă în măsuri de creștere a producției și de conservare a energiei constituie o prioritate absolută și ar fi de natură să dea rezultate extrem de profitabile în perioada care urmează.

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**

Criterii pentru optimizarea economiei de energie în procesele de conversie ciclică*)

Asist. ing. **Mihail V. Stoica****)

Ciclurile de conversie a energiei pot fi optimizate din două puncte de vedere :

a) conversia la putere maximă (conf. cu [1] [2]);

b) conversia urmărind folosirea la maximum a resursei disponibile (deci conversia care obține o cantitate maximă de energie).

Conversia unei cantități maxime de energie presupune o durată infinită a ciclului $\tau = \infty$; conversia la putere maximă, pe de altă parte, nu oferă o utilizare optimă a resursei.

Lucrarea urmărește găsirea unui ciclu care să optimizeze ambele criterii a) și b), deci care să rezulte din rezolvarea unei probleme bicriteriale.

Modelul matematic

În cele ce urmează se ia în considerare pentru calcule ciclul din figura 1,

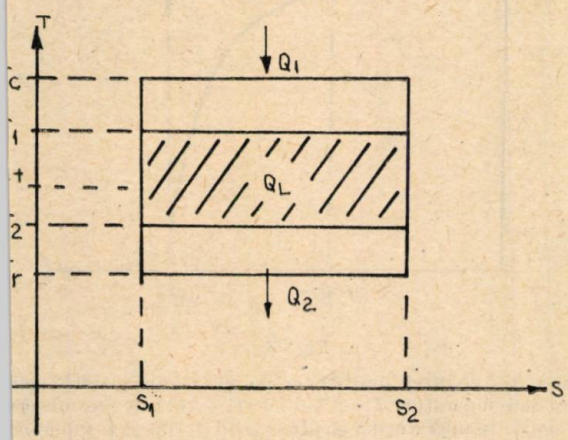


Fig. 1

unde : T_c reprezintă temperatura sursei calde ;

T_r — temperatura sursei reci ;

T_1 și T_2 — temperaturile la care sistemul de conversie preia cantitatea de căldură Q_1 și cedează căldura Q_2.

Din [1] rezultă condiția de acțiune minimă, condiție preferată de natură :

$$\delta A^{ir} = \delta S_1^{ir}\, T_1\, \tau_1 - \delta S_2^{ir}\, T_2\, \tau_2 = 0, \qquad (1)$$

din care se poate deduce relația între temperaturi :

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{T_c}{T_r}} \qquad (2)$$

Condiția (2) face posibilă determinarea univocă a puterii și lucrului util din ciclu.

În continuare este utilă determinarea temperaturii T^+, care reprezintă valoarea maximă pentru T_2 cînd $T_1 = T_c$, respectiv valoarea minimă pentru T_1 cînd $T_2 = T_r$.

$$T^+ = \sqrt{T_c \cdot T_r} \qquad (3)$$

Expresiile pentru durata ciclului, puterea și lucrul util per ciclu devin

$$\tau = \frac{Q_1}{k} \cdot \frac{T_c - T^+}{(T_c - T_1)\,(T_1 - T^+)} \qquad (4)$$

$$P = \frac{k \cdot \eta}{T_c - T^+}\left[(T_c + T^+)T_1 - T_1^2 - T_c T^+\right] \qquad (5)$$

$$Q_L = k(T_1 - T_2) = K \cdot \eta \cdot T_1, \qquad (6)$$

unde

Q_1 este cantitatea de căldură preluată în ciclu ;

Q_L — lucrul util pe ciclu ;

k — coeficientul de transfer al căldurii ;

η — randamentul ciclului ;

K — constantă de proporționalitate.

Prin calculații simple rezultă valorile maxime pentru putere și energia utilă :

$$Q_{L\,max} = K \cdot \eta\, T_c\,;\; P_{max} = \frac{k \cdot \eta}{4}(T_c - T^+) \qquad (7)$$

Se urmărește determinarea ciclului optim rezolvînd problema bicriterială :

$$\begin{cases} \max P \\ \max Q_L \\ T^+ \leqslant T_1 \leqslant T_c \\ T_r \leqslant T_2 \leqslant T^+,\; P \geqslant 9\,;\; Q_L \geqslant 0 \end{cases} \qquad (8)$$

Există mai multe metode de rezolvare a problemei (8), care apare în literatură (pentru cazul general cu n criterii) sub denumirea de *problema maximizării vectorului PMV*.

Pentru rezolvarea problemei s-a elaborat o metodă care caută, în spațiul avînd drept bază vectorii $(Q_L, 0)$ și $(0, P)$, punctul care se află cel mai aproape de ciclul „perfect" de coordonate $(Q_{L\,max}, P_{max})$ și în același timp cel mai departe de ciclul care oferă alternativa cea mai puțin atractivă, de coordonate $(Q_{L\,min}, P_{min})$.

Spațiul soluțiilor fiind un spațiu Banach, deci care admite normarea, vom defini norma Hölder pe mulțimea alternativelor posibile și vom minimiza norma pentru aflarea alternativei optime.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenerticienilor din România. Brașov, 3–5 decembrie 1981.

**) Institutul politehnic București.

Din dorința de simplificare a calculelor, se preferă pentru cele ce urmează utilizarea mărimilor relative p și l:

$$p = \frac{P}{P_{max}}; \quad l = \frac{Q_L}{Q_{L\,max}} \tag{9}$$

Rezultă pentru putere și energia utilă expresiile:

$$\begin{cases} p = \dfrac{4}{(T_c - T^+)^2}\,[(T_c + T^+)\,T_1 - T_1^2 - T_c \cdot T^+] \\ l = \dfrac{T_1}{T_c} \end{cases} \tag{10}$$

În spațiul $(l,\ p)$, dependența $p = f(l)$ se poate stabili cu ușurință

$$p = \frac{4}{(T_c - T^+)^2}\,[(T_c + T^+)\,T_c \cdot l - T_c^2 l^2 - T_c T^+]$$

sau

$$p = \frac{4\,T_c}{(T_c - T^+)^2}[(T_c + T^+)\,l - T_c\,l^2 - T^+], \tag{11}$$

care reprezentată grafic devine:

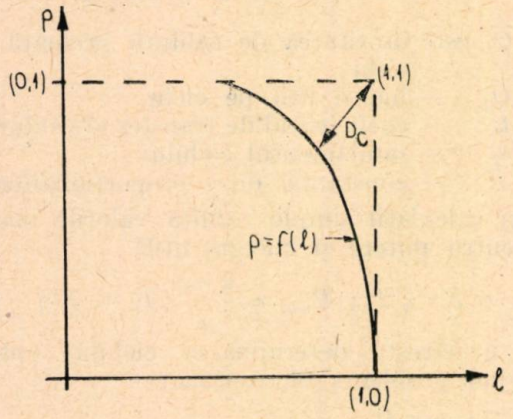


Fig. 2

Prin D s-a notat distanța între punctele $p = f(l)$ și alternativa perfectă de coordonate (1,1).

Urmărim $\min(D_r)$, D_r fiind definită prin norma Hölder:

$$\begin{cases} D_r = [k_p^r\,(1-p)^r + k_l^r\,(1-l)^r]^{1/r}. \\ r \in [1,\ +\infty) \end{cases} \tag{12}$$

unde k_p și k_l reprezintă coeficienții de pondere pentru cele două criterii considerate. Pentru $k_p = k_l = 1$ (importanță egală a celor două criterii) avem

$$\begin{cases} D_r = [(1-p)^r + (1-l)^r]^{1/r} \\ r \in [1,\ +\infty) \end{cases}$$

unde r este un parametru a cărui variație determină mulțimea soluțiilor nedominate ale problemei.

În vederea optimizării bicriteriale a ciclurilor de conversie, s-a elaborat un sistem de programe în limbaj BASIC care utilizează calculatorul WANG 2200MVP. Sistemul de program de calcul prezintă o mulțime de facilități în exploatare datorită limbajului conversațional folosit.

Concluzii

Analiza bicriterială a ciclurilor de conversie a energiei poate conduce la o reconsiderare a modului de utilizare a unor resurse de energie primară. În urma optimizării ciclurilor se poate obține economii importante de energie primară sau o redistribuire a resurselor pe diferitele categorii de utilizatori.

ANEXA

Se consideră un sistem de conversie care folosește o resursă ce presupune $T_c = 900$°K. T_r se consideră temperatura mediului = 300°K. Rezultă $T^+ = 519$°K, iar ca domeniu de variație pentru T_1 intervalul [709; 900].

Grafic variația $p(1)$ este redată în figura 3.

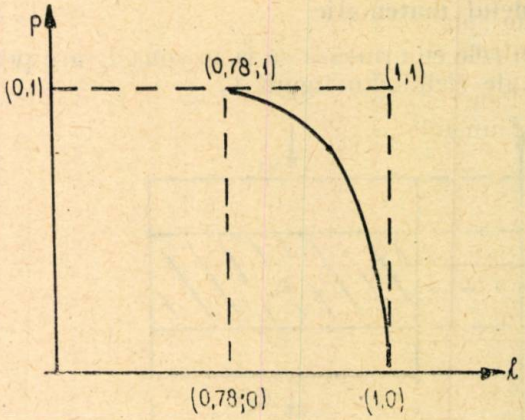


Fig. 3

În urma analizei multicriteriale efectuate rezultă ciclul optim de temperaturi $T_1 = 750$ °K, $T_2 = 444$ °K. Se observă că valorile temperaturilor pentru ciclul optim sînt superioare celor corespunzătoare ciclului de putere maximă (pentru care $T_1 = 709$°K, iar $T_2 = 409$°K). Ciclul optim (T_1, T_2) este caracterizat de o reducere a puterii per ciclu de aproximativ 4,2% și de o creștere a energiei utile per ciclu de 4,36%, condițiile în care durata ciclului a crescut cu 4,4%.

Bibliografie

[1] Purica, I. I. *Un nou principiu în conversia ciclică a energiei termice*. A IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, Brașov, 1981. În: Energetica nr. 1982.

[2] Purica, I. I. *Conversia energiei*. Note de curs, București, 1980.

(Articol intrat în redacție la 11 ianuarie 198

Studiul măcinabilității cărbunilor din bazinul Oltenia-Nord și influența variației acestora asupra performanțelor morii-ventilator*)

Chim. **E. Gatman-Săndulescu** și ing. **Cr. Totolo***)

Lucrarea de față își propune să prezinte două aspecte referitoare la studiul măcinabilității cărbunilor inferiori — ligniți din bazinele Rovinari, Motru, Jilț, și anume :

1. Variația coeficientului de măcinabilitate pentru cărbunii amintiți.

2. Influența variației coeficientului de măcinabilitate al acestor cărbuni asupra performanțelor morii-ventilator.

1. Determinarea coeficientului de măcinabilitate pentru cărbunii din bazinele Rovinari, Motru, Jilț

Pentru elucidarea acestui aspect s-a analizat un număr de circa 50 de probe din cariere și mine cele mai reprezentative ca producție din bazinele amintite.

Analizele au constat în determinarea caracteristicilor energetice : umiditate totală, cenușă și putere calorică inferioară, a conținutului de componenți lemnoși greu măcinabili, textinit și textoulminit ($T + Tu$) și a coeficientului de măcinabilitate (tabelul 1).

Scopul acestor determinări a fost stabilirea variației coeficientului de măcinabilitate al cărbunelui din bazinele Rovinari, Motru, Jilț și a factorilor care determină această variație, în principal cenușa și componența lemnoasă. Determinarea coeficientului de măcinabilitate în instalațiile realizate de ICEMENERG s-a efectuat prin două metode : VTI(GOST—5480—70) și Hardgrove (ASTM—D—409—74) [1].

Rezultatele experimentale obținute sînt prezentate în figura 1. Variația coeficientului de măcinabilitate a fost reprezentată funcție de principalele caracteristici ale cărbunelui care o influențează :

— conținutul de cenușă ;

— conținutul de material lemnos greu măcinabil ($T + Tu$).

Tabelul 1

Dependența valorilor coeficientului de măcinabilitate (m_{VTI} și m_H) de gradul de carbonificare al cărbunelui, de conținutul de steril și de componența lemnoasă

Nr. crt.	Probă: cariera/mina	Probă: bazinul	H/C	A^{anh}	Q_i^i	$(T + Tu)^{anh}$	m_{VTI}	m_H
1	Poiana 1		0,0892	50,20	1540	18,2	0,901	47,91
2	Poiana 2		0,0962	57,00	1400	17,8	0,922	49,08
3	Poiana 3		0,0971	56,20	1345	—	1,010	56,60
4	Tismana 1		0,1033	61,80	1115	—	1,110	59,66
5	Tismana 2	Rovinari	0,0962	62,00	1190	16,3	1,106	60,10
6	Tismana 3		0,1006	60,00	1290	17,3	0,927	55,15
7	Gîrla 1		0,1008	63,80	1020	10,4	1,273	59,90
8	Gîrla 2		0,1015	62,20	1090	12,2	1,098	56,89
9	Gîrla 3		0,1045	62,50	1150	—	1,067	57,71
10	Roșia		0,0995	56,10	1155	—	1,132	53,08
11	Motru-Vest		0,0934	52,20	1460	—	1,264	54,76
12	Lupoaia mină		0,0774	44,60	1600	—	0,914	50,32
13	Lupoaia carieră		0,0980	47,90	1435	13,3	0,796	43,18
14	Ploștina	Motru	0,0936	44,90	1580	—	1,054	47,91
15	Leurda		0,0800	29,10	1890	—	0,744	39,88
16	Roșiuța		0,0932	44,10	1635	—	0,812	45,38
17	Horăști		0,0870	43,70	1695	14,9	0,846	47,22
18	Jilț	Jilț	0,0914	31,90	1905	—	0,701	36,93

Ca masă de referință s-a considerat masa anhidră, ca fiind cea mai apropiată de masa de analiză la care se face determinarea coeficientului de măcinabilitate.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, Brașov, 3—5 decembrie 1981.

**) Chim. Elena Gatman-Săndulescu și ing. Cristian Totolo sînt cercetători științifici principali la ICEMENERG.

Această ipoteză se bazează pe faptul că umiditatea la starea de analiză (W_h^a) este relativ constantă și deci nu influențează variația coeficientului de măcinabilitate.

Masa anhidră poate fi privită ca un amestec de doi componenți cu caracteristici de măcinare foarte diferite: cenușa și masa combustibilă. Această imagine este idealizată prin faptul că acești doi componenți nu sînt omogeni: pentru masa organică se face distincție între compușii greu măcinabili ($T + Tu$) și compușii ușor măcinabili, iar cenușa apare atît ca o componentă de sine stătătoare (epigenetică), cît și ca o componentă înglobată în masa combustibilă (singenetică). În figura 1 sînt indicate și valorile coeficienților de măcinabilitate pentru mai multe sorturi de cărbuni inferiori din alte țări rezumate în tabelele 2, 3, 4, 5, (preluate din [2], [3], [4], [5]).

Tot în figura 1 sînt prezentate valorile de proiectare și unele valori obținute la probe efectuate la mori utilizînd cărbune din aceste bazine (tip MV 65 [3], tip DGS—100 [7]); este de asemenea reprezentată dependența m_{VTI} de A^{anh} pentru lignitul din bazinele Rovinari, Motru, Jilț din [8].

Reprezentarea valorilor coeficientului de măcinabilitate (m_{VTI} și m_H) în funcție de conținutul de cenușă (A^{anh}) și de $(T+Tu)^{anh,\ mc}$ (fig. 1) evidențiază următoarele:

a) Pentru lignitul din bazinul Oltenia-Nord;

— Valorile reprezentate sînt rezultatele analizelor probelor reprezentative, prelevate din cariere sau mine în anii 1978, 1979 și 1980.

— Valorile obținute în diferite perioade pentru aceeași carieră sînt relativ apropiate; pentru cariera Poiana variația este 0,13 puncte VTI (15%), pentru cariera Girla 0,27 puncte VTI (22,5%), pentru bazinul Jilț 0,22 puncte VTI (29,3%). Aceste variații pot fi explicate prin variația conținutului de cenușă (A^{anh}), constatîndu-se în general mărirea coeficientului de măcinabilitate cu creșterea conținutului de cenușă și scăderea ponderii compușilor greu măcinabili ($T + Tu$).

— Coeficientul de măcinabilitate crește cu creșterea conținutului de cenușă.

— Coeficientul de măcinabilitate este influențat de componentele greu măcinabile ($T + Tu$), în sensul că mărirea acestui conținut conduce la scăderea coeficientului de măcinabilitate.

b) Din comparația valorilor obținute prin cercetarea ICEMENERG, cu valorile de proiectare pentru morile din CET Ișalnița, etapa II, și CET Rovinari, etapa I, rezultă următoarele concluzii:

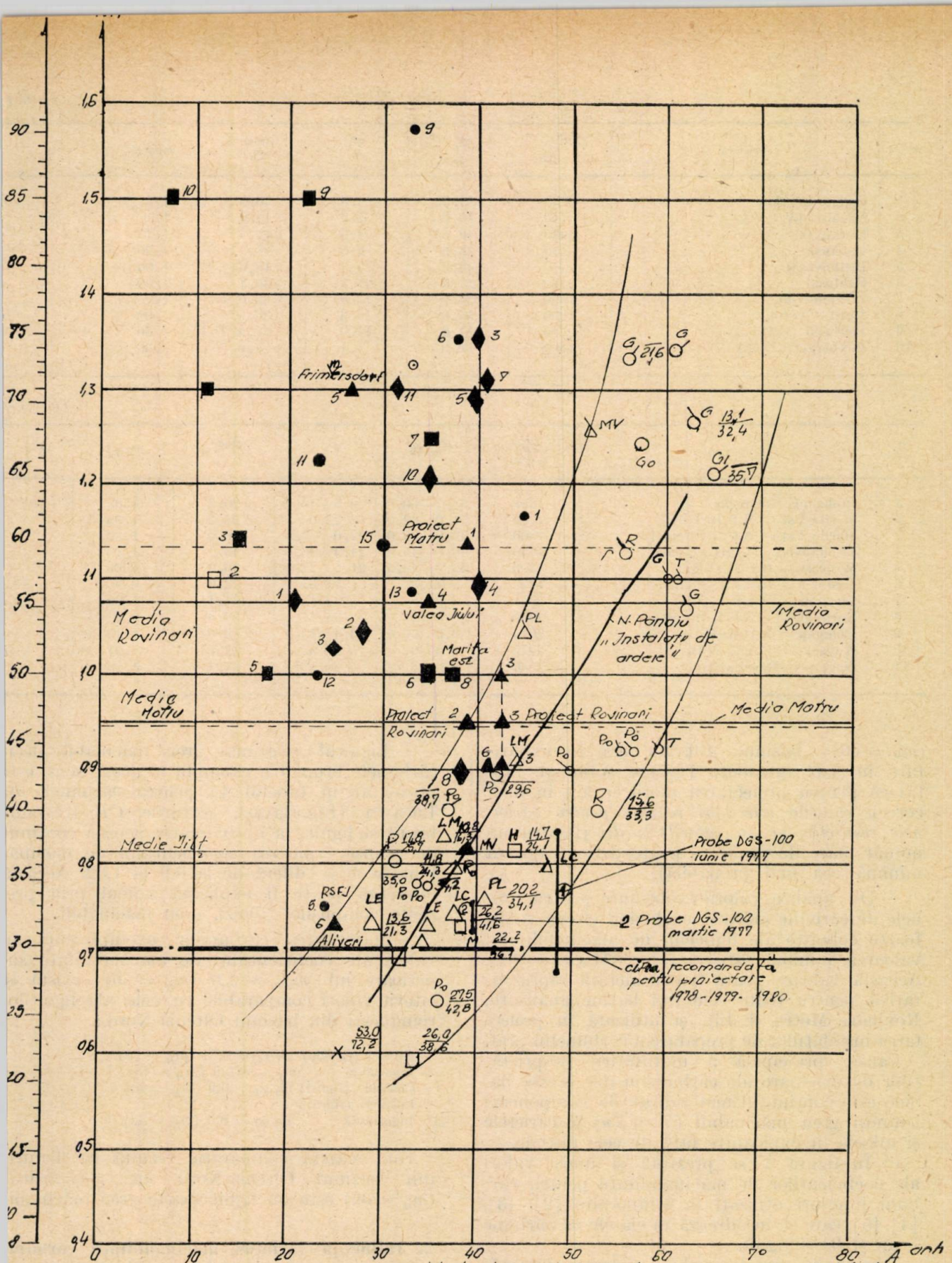
— Pentru bazinul Rovinari la proiectare au fost luate valorile $m_{VTI} = 0{,}9 - 1{,}0$ ($m_H = 43 - 59$), iar pentru bazinul Motru $m_{VTI} = 1{,}44$

Tabelul

Nr. crt.	Cărbune	A^i, %	W_t^i, %	Q_i^i, kcal/kg	A^{anh}, %	$(T+Tu)^{mc}$	m_{VTI}	m_H	Obs.
1	Motru	20—24	40—46	1600—2000	38,6	—	1,14	60	[2]
2	Rovinari	20—24	40—46	1600—2000	38,6	—	0,95	47	[3]
3	Rovinari	24,5	43,0	1600	43,0	—	0,9—1,0	43—50	
4	Huilă — Valea Jiului	26—36	1—18	3200—4800	34,5	—	1,08	56	
5	Cărbune brun (R.F.G., Friumersdorf)	5—20	50—59	1500—1800	27,5	—	1,14—1,50	60—85	
6	Lignit Aliveri (Grecia)	13—23	24—33	2400—3100	25,2	—	0,74	32	

Tabelul

Nr. crt.	Originea	Q_i^i, kcal/kg	W_t^i, %	A^i, %	V^i, %	A^{anh}, %	m_H	SiO_2/Al_2O_3	C^i/H^i	Obs.
1	Turcia	2381	26,4	33,0	52,4	44,8	62	48/29	64/5,3	[4]
2	Asia	2428	33,5	20,4	58,5	30,7	73	13/4	64/4,6	
3	Iugoslavia	3095	30,0	17,5	55,0	25,0	52	24/10	70/4,8	
4	Iugoslavia	2214	42,9	13,8	61,0	24,2	33	44/26	59/5,5	
5	Asia	3214	20,4	30,0	44,0	37,7	75	50/30	66/3,8	
6	S.U.A.	2833	33,0	19,0	54,0	28,4	81	—	65/5,8	
7	Australia	1714	66,0	0,3	52,0	0,9	95	—	66/4,3	
8	Spania	1643	51,0	16,5	57,0	33,7	90	42/33	70/4,1	
9	R.F.G.	2119	58,3	3,1	54,0	7,4	102	—	60/4,1	
10	Polonia	1833	55,0	10,3	56,0	22,9	66	37/24	67/4,0	
11	Iugoslavia	1690	56,0	10,0	61,0	22,7	50	36/32	65/5,2	
12	Austria	2571	30,0	23,0	61,0	32,9	56	45/23	53/5,5	
13	Turcia	3024	27,0	23,0	57,0	31,5	84	27/10	69/8,1	
14	Ungaria	3524	16,0	25,0	57,5	29,8	60	35/35	66/5,4	
15	India	2381	52,0	24,0	54,0	50,0	122	38/22	61/3,6	



Legendă

1978 1979 1980

Bazin Rovinari

Bazin Jilț

Bazin Motru

3 4 2 5 Corespondența cu numerele din tabelele din text

$\frac{(T+TU)^{anh}}{T+TU^{mc}}$ = componenta lemnoasă raportată la starea anhidră și a masei combustibilului

Tabelul 4

Nr. crt.	Originea	Q_i^i, kcal/kg	W_t^i, %	A^i, %	A^{anh}, %	m_{VTI}	Obs.
1	Podmoskovskoe	2230	33,0	26,8	40,0	1,8	
2	Nazarovski	3110	39,0	7,3	12,0	1,1	[5]
3	Harkovski	2980	40,5	8,6	14,4	1,15	
4	Raicinski	3150	38,5	6,5	10,6	1,30	
5	Ritihovaski	2490	46,0	9,7	18,0	1,00	
6	Bohinski	2160	37,0	21,1	35,1	1,00	
7	Alexandriski	1590	51,5	17,0	35,0	1,25	
8	Mariţa-Vostok	1200	55,0	16,6	36,9	1,00	
9	Tierbach (R.D.G.)	2200	51,0	11,0	22,4	1,50	
10	Boxberg (R.D.G.)	1900	56,3	7,1	7,6	1,50	

Tabelul 5

Nr. crt.	Originea	Q_i^i, kcal/kg	W_t^i, %	A^i, %	A^{anh}, %	m_{VTI}	Obs.
1	Ptolemaïs — Grecia	1658	53,1—60,0	9,6—49,0	20,5	1,08	[6]
2	Mariţa-Est — R.P.B. (CB)	1200	51,0—62,0	22,0	28,2	1,05	
3	Mariţa-Est — R.P.B. (lignit)	1300	49,0—62,0	22,0—33,0	40,0	1,36	
4	Troianovo — R.P.B. (lignit)	1650	40,0—45,0	24,4—46,0	40,5	1,10	
5	Wroclav — R.P.P. (CB)	1800	45,6—49,5	21,6—24,0	40,0	1,30	
6	Costolac — R.S.F.I. (lignit)	1728	41,3	24,6	42,0	0,9	
7	Lucavăţ — R.S.F.I. (CB)	2555	21,8	32,1	41,1	1,32	
8	Lucavăţ — R.S.F.I. (lignit)	2040	36,1	25,1	39,3	0,9	
9	Renania — R.F.G. (CB)	2014	59,0—60,0	2,4—15,0	6,0	1,15	
10	Novacki — R.S.C. (CB)	2273	35,0	22,5	34,6	1,21	
11	Nastup — R.S.C. (CB)	2540	34,6	20,5	31,4	1,30	

($m_H = 60$); bazinul Jilţ nu era în exploatare în acel moment. Trebuie subliniat faptul că pentru proiectarea morii se iau în mod corect valorile *cele mai scăzute pentru cărbunele respectiv, şi nu valorile medii* (pentru un număr mare de probe se poate defini valoarea minimă cea mai probabilă).

— Din analiza valorilor obţinute pentru probele de cărbune arătate, excluzînd cîteva valori foarte coborîte ale indicelui de măcinabilitate, valoarea minimă este $m_{VTI} = 0{,}71$ ($m_H = 39$). Această valoare poate fi considerată reprezentativă pentru toate cele trei bazine analizate, Rovinari, Motru şi Jilţ, şi utilizată în proiectarea instalaţiilor de preparare a cărbunelui praf.

Cauza principală a înrăutăţirii proprietăţilor de măcinare ale cărbunelui din aceste bazine este conţinutul mai ridicat de componenţi lemnoşi greu măcinabili ($T + Tu$) în carierele şi minele în exploatare faţă de cele iniţiale.

c) În figura 1 se prezintă şi unele valori ale coeficienţilor de măcinabilitate pentru cărbuni inferiori utilizaţi în străinătate [2], [3], [4], [5], care se încadrează în clasele de cărbune brun *(CB)* şi lignit.

Din analiza acestor valori se desprind următoarele concluzii:

—La cărbunii analizaţi nu este indicat conţinutul de componenţi lemnoşi ($T + Tu$) greu măcinabili.

— Lignitul este mai greu măcinabil decî cărbunele brun. Un exemplu în acest sens est prezentat în tabelul 4; pentru cărbunele d Lucavăţ (Iugoslavia), sorturile *CB* (cărbun brun) şi lignit, la aproximativ acelaşi conţinu de cenuşă, valoarea coeficientului de măcina bilitate m_{VTI} diferă de la 0,9 la 1,32. Aceast diferenţă poate fi explicată numai prin pre zenţa compuşilor xiloizi, greu măcinabili.

— Majoritatea cărbunilor exemplificaţi a valori ale coeficientului de măcinabilitate su perioare lui $m_{VTI} = 1{,}0$ ($m_H = 50$); există cîteva valori comparabile cu cele ale ligniţilo româneşti din bazinul Oltenia-Nord:

— Aliveri (Grecia) $m_{VTI} = 0{,}74$ ($m_H = 32$)
— Iugoslavia $m_{VTI} = 0{,}9$ ($m_H = 43$)
— Costolac (lignit) $m_{VTI} = 0{,}9$ ($m_H = 43$)
— Lucavăţ (lignit) Iugoslavia $m_{VTI} = 0{,}9$ ($m_H = 43$)

Din această comparaţie rezultă că lignitu din bazinul Oltenia-Nord cu $m_{VTI} = 0{,}7$ ($m_H = 39$) este un lignit foarte greu măcinabi

2. Influenţa variaţiei măcinabilităţii cărbun lui asupra performanţelor morii-ventilator

Experienţa exploatării morilor-ventilator arătat în mod evident că performanţele mo (debit, fineţe de măcinare) sînt influenţate

măsură foarte mare de caracteristicile cărbunelui și în principal de conținutul de cenușă, umiditate și xilită.

Măcinabilitatea cărbunelui se stabilește în prezent cu ajutorul unor teste specifice [1], dar validitatea acestor cifre pentru dimensionarea morilor-ventilator este discutabilă, deoarece testele nu reproduc condițiile de temperatură și umiditate ale cărbunelui, așa cum se produc în moara reală, și nici natura solicitării exercitată asupra cărbunelui (impact, în cazul morii-ventilator).

Dimensionarea morii-ventilator este o problemă extrem de dificilă, acest utilaj asigurînd trei funcții: uscarea avansată a cărbunelui, măcinarea și transportul hidraulic al gazelor de ardere și al cărbunelui praf. În prezent se cunoaște în detaliu numai metoda de dimensionare [5], care implică utilizarea indicelui de măcinabilitate determinat prin metoda VTI.

Modelarea morilor-ventilator este o problemă încă deschisă, stabilirea criteriilor de similitudine pentru trecerea de la performanțele modelului la cele ale morii reale nefiind rezolvată corespunzător în prezent. Experimentările pe instalațiile reale sînt greu de efectuat, însă rămîn în prezent singura metodă eficace de studiu al acestor instalații.

Avînd în vedere cele de mai sus trebuie subliniat faptul că studierea influenței măcinabilității cărbunelui asupra performanțelor morii-ventilator se va face, prin forța împrejurărilor, pe baza indicilor de măcinabilitate stabiliți prin metodele VTI și Hardgrove și a metodei de dimensionare [5], fiind de așteptat în viitor atît perfecționări ale metodelor de stabilire a măcinabilității, cît și ale metodelor de proiectare a morilor-ventilator.

Debitul morii-ventilator este dat de relația [5]:

$$B = C_{constr.} \cdot K_{măc.} \cdot h_{,in.},$$

în care caracteristicile cărbunelui brut măcinat intervin prin:

$$K_{măc.} = m_{VTI} \frac{K_{umid} \cdot K_{\gamma} \cdot \gamma_{cărb.}}{K_{conc.}},$$

în care

m_{VTI} este valoarea indicelui de măcinabilitate determinat prin metoda VTI;

$K_{umid.}$ — coeficient care ține seama de faptul că determinarea lui m_{VTI} s-a făcut la masa de analiză;

$$K_{umid.} = \frac{(4 + 1{,}06\, W^i_{t\,max})^2 - W^2_{med.}}{(4 + 1{,}06\, W^i_{t\,max})^2 - W^2_a}$$

K_{γ} — factorul de transformare al greutăților specifice de la masa de analiză la care s-a făcut determinarea m_{VTI} la masa inițială;

$$K_{\gamma} = \frac{1 - W_{med}}{1 - W^i_t};$$

$\gamma_{cărb.}$ — greutatea specifică a cărbunelui la masa de analiză.

Se poate observa că debitul morii-ventilator este direct proporțional cu valoarea indicelui de măcinabilitate; în calcul s-a ținut seama de condițiile în care s-a făcut determinarea acestui indice (masa de analiză, respectiv la cărbune uscat în aer).

Așa cum subliniam și mai sus, formula de dimensionare prezentată se bazează pe un indice de măcinabilitate determinat în condiții de temperatură și umiditate deosebite de cele reale (la temperatura ambiantă și la cărbune fără umiditate de îmbibație) și supus unei solicitări diferite de cea reală (strivire și nu impact). Condițiile care se pun se referă numai la recalcularea masei de la starea de analiză la starea inițială.

Pentru compararea performanțelor morii-ventilator la măcinarea a doi cărbuni cu indici de măcinabilitate diferiți se poate utiliza formula:

$$\frac{B''}{B'} = \frac{m_{VTI}''}{m_{VTI}'} \frac{\sqrt{\ln \frac{100}{R'_{90}}}}{\sqrt{\ln \frac{100}{R''_{90}}}},$$

în care s-au păstrat termenii de măcinabilitate și finețe de măcinare, excluzînd celelalte proprietăți (în special umiditatea și greutatea specifică), pentru simplificarea analizei.

Din analiza valorilor indicelui de măcinabilitate pentru lignitul din bazinul Rovinari, prezentată în prima parte, a rezultat că, față de valorile luate în calcul la proiectare pentru centralele Işalnița și Rovinari $m_{VTI} = 0{,}9 - 1{,}0$ ($m_H = 43$ la 59) și chiar $m_{VTI} = 1{,}44$ ($m_H = 60$) la instalații mai vechi; ultimele cercetări au pus în evidență valori de pînă la $m_{VTI} = 0{,}71$ ($m_H = 30$). Aplicarea formulei de recalculare a debitului de la $m_{VTI} = 0{,}9$ la $m_{VTI} = 0{,}7$ arată că debitul morii se va micșora cu circa 22% față de valoarea de proiect.

Experimentările pe mori au arătat că măcinarea unui cărbune greu măcinabil este însoțită însă de înrăutățirea finеții de măcinare (de exemplu $R_{90} = 60\%$ valoarea de proiect și 70 la 80% valori măsurate). Acest fenomen are ca efect mărirea debitului morii și deci atenuează într-o măsură considerabilă scăderea provocată de înrăutățirea măcinabilității. Practic pentru valorile de mai sus debitul poate varia cu −7 la +18%, deci în condiții

foarte defavorabile de finețe se poate chiar depăși debitul nominal. Trebuie subliniat că înrăutățirea finеții de măcinare are efecte foarte defavorabile asupra funcționării cazanului, conducînd la creșterea pierderilor prin nearse mecanice cu valori de pînă la 10%, creștere care necesită, pe de o parte, acoperire în cărbune măcinat și care constituie, pe de altă parte, o risipă de resurse energetice.

În urma acestei analize se pot trage următoarele concluzii:

— Scăderea calității în timp a lignitului extras din bazinul Oltenia este însoțită și de o înrăutățire a măcinabilității, ilustrată de diferența dintre valorile determinate recent și cele luate în considerație la proiectarea instalațiilor.

— Pentru morile existente atingerea debitului nominal în condițiile unui cărbune mai greu măcinabil se poate face prin adoptarea unor măsuri constructive ca: scoaterea separatorului, introducerea de trepte suplimentare de ciocane în aspirația morii, concasare la granulație mai mică a cărbunelui brut.

Înrăutățirea măcinabilității cărbunelui a condus și la înrăutățirea finеții de măcinare, mai ales în condițiile unui conținut ridicat de xilită, care necesită introducerea unor soluții constructive specifice pentru recuperarea pierderilor mărite prin nearse mecanice: grătar de postardere, reardere zgură.

— Pentru instalațiile care se vor proiecta în viitor pentru lignit din bazinele Rovinari, Motru, Jilț se recomandă luarea în considerație a valorii $m_{VTI} = 0{,}71$ ($m_H = 30$).

Pe măsura deschiderii unor noi fronturi d exploatare se recomandă continuarea deter minărilor indicelui de măcinabilitate.

— În final, pe baza analizei de mai sus, s recomandă punerea la punct a unei metode d determinare a indicelui de măcinabilitate car să reproducă corect condițiile din moara-venti lator. Această metodă și cercetările pe mod vor sta la baza punerii la punct a un metode de calcul corecte a morii-ventilato

Bibliografie

[1] E. Gatman-Săndulescu, Cr. Totolo, A. Pen *Metode de determinare a cărbunilor inferiori.* În: Ene getica, nr. 2, 1982.

[2] Postelnicescu, M., Pănoiu, N. ș.a. *Studi arderii cu recirculare de gaze de ardere la cazanele de ab funcționînd cu cărbune pulverizat.* Institutul Politehn București, Catedra de Cazane și Turbine cu abur gaze, București, 1973, nepublicat.

[3] Sanda, I. *Messungen an der Ventilatormühlen V. 65 am Elektrizitätswerk Rovinari (Rumänien),* nep blicat.

[4] Gherke, N. *Neuere Erkenntnisse über Kohlemühl für grosse Kraftwerksblocke* VGB. Kraftwerkstechn 59, H. 4, 1979.

[5] Lebedev, A. M. *Podgotovka i razmol topliva v el trostanțiiah.* Ed. Energhiia, Moscova, 1969.

[6] Volkovinski, V. A. *Melniți ventilatori.* Ed. En ghiia, Moscova, 1971.

[7] *** *Măsurători la morile DGS—100.* Studiu ICEMENER 1968, nepublicat.

[8] Pănoiu, N. ș.a. *Instalații de ardere.* Editura tehni București, 1968.

(Articol intrat în redacție la 11 ianuarie 19

Indici de disponibilitate la agregatele din centralele electrice

Dr. ing. **Liviu Lup** *)

1. Considerații generale

Caracteristicile tehnico-economice (inclusiv disponibilitatea) ale agregatelor existente și a celor prevăzute a se instala în viitor sînt elemente hotărîtoare în alegerea soluției de dezvoltare (de structură și nivel de putere instalată) și de exploatare (participare la acoperirea sarcinilor, stabilirea duratelor reparațiilor etc.) a sistemului electroenergetic.

Pentru a putea întocmi studiile de perspectivă, precum și cele de planificare privind dezvoltarea și funcționarea sistemului electroen getic, este necesar să se țină o evidență cla unitară și continuă referitoare la comporta în exploatare a agregatelor.

În acest context se prezintă, în articol, d finirea și modul de calcul pentru indici de d ponibilitate la agregatele din centralele el trice. Pentru o mai ușoară urmărire s-au exp la început definirea și modul de calcul pen noțiunile de timp, care la rîndul lor sînt ut pentru definirea și calculul indicilor de dis nibilitate.

Prezentarea definirii și a modului de cal s-a făcut pentru o parte din noțiuni, după li ratura de specialitate din alte țări, confo cu bibliografia redată. Restul reprezintă p puneri, astfel încît întreg materialul constit un tot unitar și complex, utilizat atît în proi tarea cît și în exploatarea sistemelor elect energetice, pentru stabilirea nivelului opt de putere instalată și a structurii centrale

*) Dr. ing. Liviu Lup este inginer proiectant principal la ISPE.

lectrice, precum și pentru prevederea modului e funcționare a agregatelor, repartiția sarcinii e centralele electrice, programarea reviziilor reparațiilor, asigurarea cu piese de schimb, sigurarea cu combustibil etc.

. Noțiuni de timp specifice fazelor de stare ale gregatelor

2.1. *Timp calendaristic*, T, este durata de mp din trecut sau din viitor în care se analizează modul de comportare în exploatare a nui agregat din punctul de vedere al stărilor funcționare, avarii, reparații planificate și apacități de producere a energiei electrice. e obicei, această durată de timp se consideră un an (8760 h/an).

2.2. *Timp de disponibilitate*, T_{rs}, este partea n timpul calendaristic în care un agregat se lă în stare aptă de funcționare atunci cînd rcina realizată sau realizabilă este mai mare zero, respectiv atunci cînd suma tuturor tegoriilor de reduceri de putere este mai mică cît puterea nominală a agregatului.

2.3. *Timp de funcționare*, T_f, este partea n timpul de disponibilitate în care agregatul funcționat efectiv sau se prevede să funcționeze.

2.4. *Timp de rezervă statică*, T_{st}, este partea n timpul de disponibilitate în care agregatul află efectiv sau este prevăzut a se afla în rea de rezervă statică.

2.5. *Timp de stare în avarie*, T_a, este partea n timpul calendaristic în care un agregat a putut sau nu poate funcționa din cauza ariilor la elementele principale sau la anexele estora.

2.6. *Timp de stare în avarie forțată totală*, T_{aft}, e partea din timpul de stare în avarie care mpus oprirea imediată a agregatului sau cel ziu în intervalul pînă la sfîrșitul săptămînii curs [1].

2.7. *Timp de stare în avarie amînabilă totală*, $_{at}$, este partea din timpul de stare în avarie e impune oprirea agregatului la sfîrșitul ptămînii în curs [1].

2.8. *Timp de reparație normată (planificată)*, este partea din timpul calendaristic în e agregatul a fost oprit sau va fi oprit conm unei planificări efectuate pe baza normaelor de reparații în vigoare.

2.9. *Timpul de reparații totale*, T_{rt}, este dat relațiile :

$$T_{rt} = T_a + T_r = T_{aft} + T_{aat} + T_r \qquad (1)$$

2.10. *Timpul cu reduceri amînabile totale de putere*, T_{rat}, este dat [1] de relația :

$$T_{rat} = T_{aat} + T_r \qquad (2)$$

2.11. *Timp cu alte reduceri totale de putere*, T_{ar}, este partea din timpul calendaristic în care agregatul a fost oprit sau este prevăzut a fi oprit din cauza altor condiții de exploatare, ca : termoficare, calitatea combustibilului și eventual lipsă totală de resurse primare de energie etc. Acest timp nu cuprinde și timpul în care se dispune de resurse energetice, dar agregatele se opresc pentru economisirea acestora (ca, de exemplu, la CHE cu lacuri de acumulare, de vîrf).

2.12. *Timp de funcționare cu avarii parțiale*, T_{ap}, parte din timpul de disponibilitate în care agregatul s-a aflat sau este prevăzut a se afla cu reduceri parțiale de putere din cauza avariilor la elementele principale sau la anexele acestora.

2.13. *Timp de funcționare cu avarii forțate parțiale*, T_{afp}, parte din timpul de funcționare cu avarii parțiale cu acțiune imediată sau amînabilă pînă înaintea sfîrșitului săptămînii în curs.

2.14. *Timp de funcționare cu avarii amînabile parțiale*, T_{aap}, parte din timpul de funcționare cu avarii parțiale care pot fi amînate pînă la sau după sfîrșitul săptămînii în curs.

2.15. *Timp de funcționare cu reparații normate parțiale*, T_{rp}, parte din timpul de disponibilitate în care agregatul s-a aflat, sau este prevăzut a se afla, cu reduceri de putere din cauza reparațiilor conform unei planificări efectuate pe baza normativelor în vigoare.

2.16. *Timp de funcționare cu alte reduceri parțiale de putere*, T_{arp}, parte din timpul de disponibilitate în care agregatul s-a aflat sau este prevăzut a se afla, cu reduceri de putere din cauza altor condiții de exploatare, ca, de exemplu : nivel scăzut în lacurile de acumulare la CHE, combustibil de calitate necorespunzătoare, termoficare necorespunzătoare.

2.17. *Timp de funcționare cu reduceri amînabile parțiale de putere*, T_{rpa}, suma dintre timpul de funcționare cu avarii parțiale amînabile și cu reparații parțiale normate.

2.18. *Timp de funcționare efectivă fără reduceri de putere*, T_{ff}, este timpul în care agregatul poate funcționa la o sarcină egală cu puterea nominală.

2.19. *Timp de pornire (punere în funcțiune)*, T_{pf}, este durata de timp în care agregatul trece din starea de rezervă statică în starea de funcționare efectivă, sau dintr-o stare intermediară acestor două stări (care trebuie specificată), în starea de funcționare efectivă. Timpul de pornire face parte integrantă din :

— timpul de disponibilitate în cazul în care agregatul se pornește din rezervă statică sau

dintr-o stare intermediară stărilor de rezervă statică și de funcționare efectivă ;

— timpul de avarie, timpul de reparație normată sau din alte cauze, în cazul în care a stat în rezervă statică mai puțin de o oră și oprirea care a precedat pornirea a fost determinată de avarii, reparații normate sau de alte cauze.

2.20. *Timp de oprire*, T_o, este durata de timp în care agregatul trece din starea de funcționare efectivă în starea de rezervă statică, sau dintr-o stare intermediară acestor două stări (care trebuie specificată), în starea de rezervă statică, sau într-o stare intermediară acestor două stări, precum și în stare de avarie, reparație normată sau în altă stare. Timpul de oprire face parte integrantă din :

— timpul de disponibilitate în cazul în care agregatul se oprește în rezervă statică sau într-o stare intermediară stărilor de funcționare și rezervă statică ;

— timpul de avarie, timpul de reparație normată sau din alte cauze, în cazul în care oprirea a fost determinată de avarii, reparații normate sau alte cauze.

2.21. *Timp echivalent de stare în avarie*, T_{ae} [2], se calculează cu relația :

$$T_{ae} = T_a + \frac{\sum_i P^i_{ap} T^i_{ap}}{P_i}, \qquad (3)$$

în care

P^i_{ap} este reducerea parțială de putere a agregatului cu ocazia avariei i pe durata de timp T^i_{ap} ;

P_i — puterea nominală (instalată) a agregatului.

2.22. *Timp echivalent de stare în avarie forțată* [1], T_{afe}, se calculează cu relația :

$$T_{afe} = T_{aft} + \frac{\sum_i P^i_{afp} T^i_{afp}}{P_i}, \qquad (4)$$

în care

P^i_{afp} este reducerea forțată parțială de putere a agregatului cu ocazia avariei i pe durata de timp T^i_{afp}.

2.23. *Timp echivalent de stare în avarie amînabilă* [1], T_{aae}, se calculează cu relația :

$$T_{aae} = T_{aat} + \frac{\sum_i P^i_{aap} T^i_{aap}}{P_i} \qquad (5)$$

în care

P^i_{aap} este reducerea amînabilă parțială de putere a agregatului cu ocazia avariei i pe durata de timp T^i_{aap}.

2.24. *Timp echivalent de reparație normată planificată*, T_{re} [2], se calculează cu relația :

$$T_{re} = T_r + \frac{\sum_i P^i_{rp} T^i_{rp}}{P_i} \qquad (6)$$

în care

P^i_{rp} este reducerea parțială de putere a agregatului cu ocazia reparației normate i pe durata de timp T^i_{rp}.

2.25. *Timp total echivalent de reparație*, T_{re} este egal cu suma timpilor T_{ae} și T_{re}.

2.26. Timp echivalent pentru alte reduceri de putere, T_{are}, [2] se calculează cu relația :

$$T_{are} = T_{ar} + \frac{\sum_i P^i_{arp} T^i_{arp}}{P_i},$$

în care

P^i_{arp} este reducerea parțială de putere a agregatului cu ocazia altei cauze i durata de timp T^i_{arp}.

2.27. *Timp echivalent cu reducere de putere amînabilă*, [1], T_{rae}, se calculează cu relația :

$$T_{rae} = T_{aae} + T_{re}$$

2.28. *Timp echivalent total de indisponibilitate* T_{rpe}, se calculează cu relația :

$$T_{rpe} = T_{afe} + T_{aae} + T_{re} + T_{are}$$

2.29. *Timp echivalent de disponibilitate*, se calculează cu relația :

$$T_{de} = T - T_{rpe}$$

2.30. *NOTĂ*. Timpul de rezervă statică compune, la rîndul lui, din o durată de timp în care agregatul ar putea realiza o sarcină maximă egală cu puterea lui nominală T'_{rs}, durata de timp cu reduceri de putere menționate la punctele 2.12—2.17.

2.31. *Timp de funcționare cerut prin program* T_p, este dat de suma timpului de disponibilitate și a timpului de stare în avarie și respectiv oprit din cauza altor reduceri de putere (cuprinde timpul de reparație normată).

$$T_p = T_d + T_a + T_{ar}$$

sau

$$T_p = T - T_r$$

3. Indici de disponibilitate

3.1. *Indici definiți cu ajutorul noțiunilor timp*

3.1.1. Coeficientul de disponibilitate în timpul calendaristic, d_t, este dat de raportul între timpul de disponibilitate, T_d, și timpul calendaristic, T [1] :

$$d_t = \frac{T_d}{T}$$

3.1.2. Coeficientul de funcționare efectivă în timpul calendaristic, t_f, este dat de rapo

re timpul de funcţionare efectiv, T_f, şi ıpul calendaristic, T:

$$t_f = \frac{T_f}{T} \tag{14}$$

3.1.3. Coeficientul de stare în rezervă statică, este dat de raportul între timpul de rezervă tică, T_{rs}, şi timpul calendaristic, T:

$$r_s = \frac{T_{rs}}{T} \tag{15}$$

3.1.4. Coeficientul de pornire (punere în ıcţiune) în timpul calendaristic t_{pf} este dat raportul între timpul de pornire, T_{pf}, şi ıpul calendaristic, T:

$$t_{pf} = \frac{T_{pf}}{T} \tag{16}$$

.1.5. Coeficientul de oprire, t_o, este dat de ortul între timpul de oprire, T_o, şi timpul endaristic, T:

$$t_o = \frac{T_o}{T} \tag{17}$$

3.1.6. Coeficientul de stare în avarie pe tim- calendaristic, t_a, este dat de timpul de re în avarie, T_a, şi timpul calendaristic, T:

$$t_a = \frac{T_a}{T} \tag{18}$$

.1.7 Coeficientul de stare în avarie forţată timpul calendaristic, t_{af}, este dat de raportul e timpul de stare în avarie forţată totală, $_t$, şi timpul calendaristic, T [1]:

$$t_{af} = \frac{T_{aft}}{T} \tag{19}$$

.1.8. Coeficientul de reparaţie normată (pla- cată), $\bar{r}$, este dat de raportul între timpul reparaţie normată (planificată), T_r, şi pul calendaristic, T [2]:

$$\bar{r} = \frac{T_r}{T} \tag{20}$$

cest coeficient de reparaţii [calculat cu ţia (20)] nu ţine seama de reparaţiile care efectuează la unele elemente, la anexele sau serviciile auxiliare al agregatelor principale.
.1.9. Coeficientul de indisponibilitate în pul calendaristic, i_t, se calculează cu rela- :

$$i_t = 1 - d_t = \frac{T - T_d}{T} \tag{21}$$

3.1.10. Coeficientul de funcţionare efectivă fără reduceri de putere în timpul calendaristic, t_{ff}, este dat de raportul între timpul de funcţionare efectivă fără reduceri de putere, T_{ff}, şi timpul calendaristic, T:

$$t_{ff} = \frac{T_{ff}}{T} \tag{22}$$

3.1.11. Coeficientul de stare în avarie în timpul programat de funcţionare, $\bar{q}$, este dat de raportul între timpul de stare în avarie, T_a, şi timpul de funcţionare cerut prin program, T_p [3]:

$$\bar{q} = \frac{T_a}{T_p} = \frac{T_a}{T_d + T_a} \tag{23}$$

3.1.12. Coeficientul de funcţionare în timpul programat, $\bar{p}$, este dat de raportul între timpul de disponibilitate, T_d, şi timpul programat de funcţionare, T_p[3]:

$$\bar{p} = \frac{T_d}{T_p} = \frac{T_d}{T_d + T_a} = 1 - \bar{q} \tag{24}$$

3.1.13. Coeficientul de reparaţii (planificate şi avarii) în timpul calendaristic, $\bar{r}_t$, este dat de relaţia:

$$\bar{r}_t = t_a + \bar{r}; \tag{25}$$

în cazul în care $T_{ar} = 0$ rezultă:

$$\bar{r}_t = \bar{r} + \bar{q} - \bar{r}\bar{q} = 1 - (1 - \bar{r})(1 - \bar{q}) = i_t \tag{26}$$

3.2. *Indici definiţi cu ajutorul noţiunilor de energie*

3.2.1. Coeficientul echivalent de disponibilitate, d_e, este dat de raportul între energia, E_d, pe care ar fi putut sau ar putea-o produce un agregat în timpul calendaristic, ţinînd seama de toate categoriile de reduceri de putere (cauzate de reparaţii planificate şi avarii), starea necorespunzătoare a utilajului rezultată din uzuri, strangulări, neconcordanţe de parametri la elementele componente ale agregatului şi anexelor sale, condiţii locale momentane sau permanente, ca: termoficare necorespunzătoare, nivel scăzut de apă în lacuri de acumulare la CHE, debit scăzut de apă la CHE pe firul apei sau la răcire la CTE, calitate combustibil etc., şi energia productibilă în cursul timpului calendaristic cu puterea nominală, E_n [4]:

$$d_e = \frac{E_d}{E_n} = \frac{T_{de}}{T}, \tag{27}$$

în care

$$E_d = P_i T_{de} \tag{28}$$

$$E_n = P_i T \tag{29}$$

T_{de} — timpul echivalent de disponibilitate.

3.2.2. Coeficientul echivalent de stare în avarie, t_{ae}, este dat de raportul între energia pe care agregatul nu o poate produce din cauza tuturor categoriilor de avarii, E_a, și energia productibilă în cursul timpului calendaristic cu puterea nominală, E_n:

$$t_{ae} = \frac{E_a}{E_n} = \frac{T_{ae}}{T}, \tag{30}$$

în care

$$E_a = T_{ae} P_i \tag{31}$$

T_{ae} — timp echivalent de stare în avarie.

3.2.3. Coeficientul echivalent de stare în avarie forțată t_{afe} este dat de raportul între energia pe care agregatul nu o poate produce din cauza avariilor forțate, E_{af}, și energia productibilă în cursul timpului calendaristic cu puterea nominală, E_n [1]:

$$t_{afe} = \frac{E_{af}}{E_n} = \frac{T_{afe}}{T} \tag{32}$$

în care T_{afe} este timpul echivalent de stare în avarie forțată.

3.2.4. Coeficientul echivalent de reparație normată (planificată), r, este dat de raportul între energia pe care agregatul nu o poate produce din cauza reparațiilor planificate efectuate la agregatul dat sau la anexele sale, E_r, și energia productibilă în timpul calendaristic cu puterea nominală, E_n, după relația:

$$r = \frac{E_r}{E_n} = \frac{T_{re}}{T}, \tag{33}$$

în care

$$E_r = T_{re} P_i \tag{34}$$

T_{re} — timpul echivalent de reparație normată.

3.2.5. Coeficientul echivalent de indisponibilitate în timpul calendaristic, i_{te}, se calculează cu relația:

$$i_{te} = 1 - d_e = \frac{T - T_{de}}{T} = \frac{T_{ae} + T_{re} + T_{are}}{T}, \tag{35}$$

unde T_{are} este timpul echivalent pentru alte reduceri de putere.

3.2.6. Coeficientul echivalent de stare în avarie, în timpul programat de funcționare, q, este dat de raportul între energia pe care ag gatul nu o poate produce din cauza tutu categoriilor de avarii, E_a, și suma energii E_d și E_a. Astfel [2]:

$$q = \frac{E_a}{E_d + E_a} = \frac{T_{ae}}{T_{de} + T_{ae}} \tag{(}$$

3.2.7. Coeficientul echivalent de funcțion în timpul programat, p, se calculează [2] relația:

$$p = 1 - q = \frac{E_d}{E_d + E_a} = \frac{T_{de}}{T_{de} + T_{ae}} \tag{(}$$

3.2.8. Coeficientul echivalent de repar (planificate și avarii) în timpul calendaris r_{te}, este dat [4] de relația:

$$r_{te} = t_{ae} + r \tag{(}$$

În cazul în care $T_{are} = 0$, rezultă:

$$r_{te} = i_{te} = 1 - (1 - r)(1 - q) = r + q + rq$$
$$= 1 - d_e \tag{(}$$

3.2.9. Coeficientul de utilizare a puterii stalate, u_e, este dat de raportul între ene produsă de un agregat, sau prevăzută a fi p dusă de agregat, în timpul calendaristic, și energia productibilă în timpul calendaris cu puterea nominală, E_n:

$$u_e = \frac{E_p}{E_n},$$

în care E_p este energia produsă de agrega timpul calendaristic, T.

3.2.10. Coeficientul de inutilizare a pu instalate, q_u, este dat de relația:

$$q_u = 1 - u_e$$

Diferența între coeficientul echivalent inutilizare și cel de indisponibilitate pro din timpul în stare de rezervă statică, pu în funcțiune și oprire a agregatului.

3.3. *Elemente comune indicilor prezentați*

Dacă se dispune de un număr mare de re tate (deci un timp analizat mare și un nu mare de agregate), relativ la disponibilitate utilizarea agregatelor în trecut și se presu că și în viitor agregatele, aceleași sau a similare, vor avea aceeași comportare (m într-o durată lungă de timp), valorile indi prezentați mai sus pot fi utilizate la ac agregate similare din viitor. În acest caz, in

pectivi capătă sens de probabilităţi de stare, de exemplu :

$q(\bar{q})$ — probabilităţi de stare în avarie ;

$p(p)$ — probabilităţi de stare aptă de funcnare.

Aceiaşi indici pot să capete şi sens de probaităţi „a posteriori" în cazul în care dintr-un c de n agregate s-a urmărit numai compora a m agregate ($m < n$) şi se consideră că estul de $n - m$ agregate a avut aceeaşi comtare.

Pentru grupe de agregate sau pe ansamblul emului, valoarea medie a unei categorii de ici se calculează cu relaţii de forma [2] :

$$c_m = \frac{\sum_i n_i P_{ki} c_{ji}}{\sum_i n_i P_{ki}}, \qquad (42)$$

care

i este numărul de agregate din grupa i cu aceleaşi caracteristici ;

P_{ki} — puterea nominală a agregatelor din grupa i ;

ji — coeficientul sau probabilitatea de stare a agregatelor.

Coeficientul mediu multianual de reparaţii nate, pentru perspectivă

cest coeficient se calculează pe baza date-prevăzute în normativul tehnic de reparaţii ind succesiunea şi duratele diferitelor cate-i de reparaţii.

4.1. Pentru cazane de abur, turbine cu r, turbine cu gaze, motoare cu ardere in-ă, precum şi pentru turbine hidraulice cu ate de utilizare a puterii instalate de peste) h/an, coeficientul mediu multianual se ulează cu relaţia :

$$r = \frac{T_r}{T_k}, \qquad (43)$$

are

$_k$ este timpul cuprins între mijlocul a două reparaţii capitale ;

$_r$ — timpul total de reparaţie între mijlocul a două reparaţii capitale.

$$T_k = T_f + T_{rs} + T_r + T_a \qquad (44)$$

$$T_r = T'_r\left(1 + \frac{Z_r}{Z_l}\right), \qquad (45)$$

Z_r reprezintă zile de repaus pe an, circa 55 de zile ;

Z_l — zile de lucru pe an, circa 311 zile.

$$T'_r = \frac{24\text{ h}}{\text{zi}}\left[1 \times r_k + \left(\frac{T_{fk}}{T_{fc2}} - 1\right) \times r_{c2} + \left(\frac{T_{fk}}{T_{fc1}} - \frac{T_{fk}}{T_{fc2}}\right) \times r_{c1} + \left(\frac{T_{fk}}{T_{fRT}} - \frac{T_{fk}}{T_{fc1}}\right) r_{RT}\right] \qquad (46)$$

în care

T_{fk}, T_{fc2}, T_{fc1}, şi T_{fRT} reprezintă timpul de funcţionare cuprins între două reparaţii capitale, curente, 2 şi 1, respectiv între două revizii tehnice ;

r_k, r_{c2}, r_{c1}, şi r_{RT} — duratele reparaţiilor capitale curente, 2 şi 1, şi a reviziilor tehnice conform cu regulamentul de reparaţii.

Pentru blocurile energetice formate din agregatele de mai sus se va lua în considerare valoarea cea mai mare a coeficientului de reparaţii normate de la agregatele respective care îl compun.

3.4.2. Pentru turbine hidraulice cu durate de utilizare a puterii instalate sub 5000 h/an, coeficientul mediu multianual de reparaţii normate se calculează cu relaţia :

$$r = \frac{T_r}{T_k} \qquad (47)$$

$$T_k = 365\ \frac{\text{zile}}{\text{an}} \times \frac{T_{fk}}{1{,}25\ T_u} \qquad (48)$$

unde

T_u este timpul (durata) medie multianuală de utilizare a puterii instalate (nominale) ;

1,25 — valoarea medie a raportului între timpul anual de funcţionare şi durata de utilizare anuală a puterii nominale.

Bibliografie

[1] * * * Edison Electric Institute. *Report on Equipment Availability for the ten-years period 1966—1975*, 04.05/1977.

[2] Lup, L. *Disponibilitatea agregatelor din centralele electrice*. În : Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice, nr. 11, 1972, p. 524—531.

[3] Calabrese, G. *Calcul de la puissance de reserve dans les complexes électriques par la mèthode des probabilités*. În : Bulletin scientifique de l'A.I.M. nr. 11, 1955.

[4] * * * Electricité de France. *Rapports d'activité 1970, 1976, 1977*, februarie 1971, 1977 şi, respectiv, 1978.

(Articol intrat în redacţie la 9 februarie 1981)

Testarea secvenţială a fiabilităţii sistemelor energetice reparabile prin intermediul preţului de cost al pieselor de schimb

Dr. ing. **I. Popescu**
Matem. **D. Lixăndroiu**
Ing. **Alex. Forje***)

1. Noţiuni generale

Determinarea parametrilor de fiabilitate, cît şi aplicarea unor metode de testare a acestor parametri prezintă importanţă atît pentru furnizor, cît mai ales pentru beneficiar, atunci cînd se pune problema determinării necesarului pieselor de schimb, în perioada de garanţie, îndeosebi dacă activitatea de service revine beneficiarului sau unui alt colaborator.

La achiziţionarea din import sau de pe piaţa internă a instalaţiilor energetice, prevederea contractuală a pieselor de schimb pe o durată delimitată nu are în prezent o bază ştiinţifică pentru aprecierea planului valoric al necesarului pieselor de schimb.

Problema comportă două aspecte:

a) Dificultatea unei planificări fundamentate a fondurilor necesare achiziţionării de piese de schimb.

b) Sistemica propusă asigură o metodologie de testare (atît în calitate de beneficiar cît şi de furnizor) a cuantumului valoric al pieselor de schimb pentru o durată apriori stabilită, care a fost sau poate fi prevăzută în contractele de livrare sau achiziţie.

De modul cum este asigurat necesarul pieselor de schimb, cît şi de costul acestora, va depinde coeficientul de disponibilitate a produsului la beneficiar şi, în ultimă instanţă, eficienţa investiţiei materializată prin achiziţionarea produsului contractat.

În acest context rezultă că preţul de cost al pieselor de schimb poate reprezenta o măsură a calităţii produsului şi ca atare preţul de cost poate fi considerat ca un indicator sintetic al calităţii şi fiabilităţii sistemelor energetice.

Dacă se exprimă cheltuielile totale în funcţie de gradul de siguranţă al pieselor de schimb şi de pagubele cauzate de defectarea acestora în valoare totală a instalaţiei, se poate utiliza expresia matematică a cheltuielilor totale actualizate redată în literatura de specialitate [8].

Reprezentînd, într-un sistem de axe rectangulare, prin cîte un punct, momentele apariţiei defectărilor la fiecare din cele k sisteme (unde pe abscisă avem timpul, iar pe ordonată cel sisteme analizate) la care se impune înlocui uneia sau mai multor piese de schimb, pen care se înregistrează preţul de cost al acesto rezultă graficul din figura 1.

Prin acest grafic se obţine o reprezentare, planul timpului, a preţului de cost al piese de schimb, la cele k sisteme analizate. D analiza se efectuează pentru o perioadă apriori stabilită, la fiecare sistem se va în

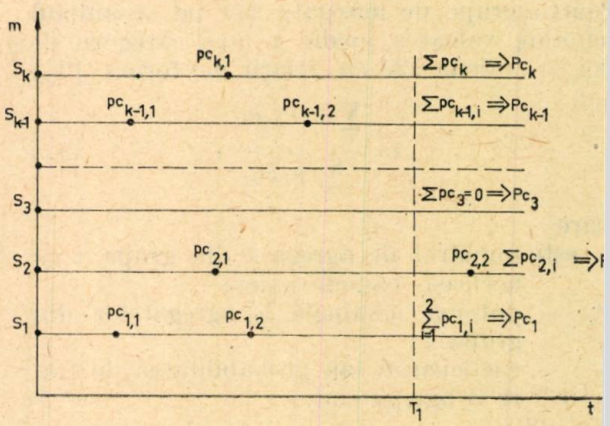


Fig. 1

gistra o valoare a preţului de cost al pies de schimb prin însumarea costurilor înre trate la fiecare reparaţie $\Sigma pc_{k,i}$, care în ce urmează se va nota cu P_{ck}.

Dacă se analizează preţul de cost, P_c necesarului pieselor de schimb, la un sis energetic complex, pentru o perioadă ap stabilită, se constată o diferenţă între co pieselor de schimb, de la un sistem la a ca urmare a unei multitudini de factori. deci, că indicatorul preţ de cost variază anumite limite şi că această variaţie este r acţiunii unor factori cu caracter întîmplă şi astfel caracteristica preţ de cost poat considerată ca o variabilă aleatorie care mează o anumită lege de repartiţie statis

Avînd în vedere flexibilitatea repartiţiei bull, *fiind considerată de unii autori „o dens de probabilitate potenţial universală pentru cetători"* [5], iar bibliografia aferentă ac repartiţii fiind larg răspîndită, se poate ad şi pentru studiul calităţii şi fiabilităţii melor energetice prin intermediul preţulu cost al pieselor de schimb, atunci cînd nu informaţii anterioare despre modelul sta al comportării sistemelor analizate în ex tare.

În acest context probabilitatea ca mo adoptat să reflecte realitatea este mai r deoarece prin variaţia parametrilor distri Weibull aproximează şi alte distribuţii s tice.

*) Dr. ing. Ion Popescu şi matem. Dorin Lixăndroiu sînt cadre didactice la Universitatea din Braşov, ing. Alexandru Forje este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

Densitatea de repartiţie şi funcţia de distri-uţie Weibull au forma :

$$f_w(x;\ \eta,\ \beta,\ \gamma) =$$

$$= \begin{cases} \dfrac{\beta}{\eta}\left(\dfrac{x-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\dfrac{x-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}\right]; \\ 0 \end{cases}$$

$$x \geqslant \gamma, \quad x < \gamma \qquad (1)$$

u $\gamma \geqslant 0,\ \beta,\ \eta > 0$

$$_w(x;\ \eta,\ \beta,\ \gamma) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}\right],\ x \geqslant \gamma \qquad (2)$$

nde

β este parametrul de formă ce defineşte alura curbei de distribuţie ;

η — parametrul de scală ;

γ — parametrul de localizare. Dacă $\gamma > 0$, toată curba se translatează cu valoarea γ, ceea ce indică, în cazul preţului de cost, că produsului pe acest interval nu i se efectuează reparaţii cu înlocuirea pieselor de schimb.

Dacă w este o variabilă Weibull, în cazul reţului de cost al pieselor de schimb, P_c, atunci ıedia preţului de cost, M_{pc}, pentru o perioadă priori stabilită, se poate determina cu relaţia :

$$M_{pc} = \eta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) + \gamma \qquad (3)$$

Valorile funcţiei Γ sînt date sub formă tabe-ră în literatura de specialitate [3].

Testarea secvenţială în cazul unei distribuţii eibull

În scopul luării mai rapide a unei decizii upra calităţii şi fiabilităţii unui lot de sisteme ergetice, se poate utiliza metoda secvenţială testare specifică repartiţiei Weibull [3],].

Testarea secvenţială a preţului de cost al eselor de schimb, cînd acestea urmează o stribuţie Weibull, se poate aplica atunci cînd analizează prezenţa a două loturi ale aceluşi produs $\beta_1 = \beta_2 = \beta$, cu caracteristici calitative diferite, avînd parametrii (η_i, β), respectiv (η_s, β) cu $\eta_i < \eta_s$ redate grafic în figura 2.

Preţul de cost redat pe abscisă poate fi aprecat în orice monedă, inclusiv în tone combusbil convenţional.

Abscisa diagramei simplu logaritmică poate scalată pentru orice valori cu pasul multiu de 10, ea putînd fi translatată în funcţie necesităţile de utilizare.

În cazul testării prin această metodă, deciile se pot lua în trei cazuri importante :

1. Elementele testate au parametrul de scară mai mare decît o valoare de referinţă η_i, în condiţiile unui nivel de încredere de $1 - \beta_r$ sau mai mare.

2. Elementele testate au un parametru de scară η care este mai mic decît o valoare su-

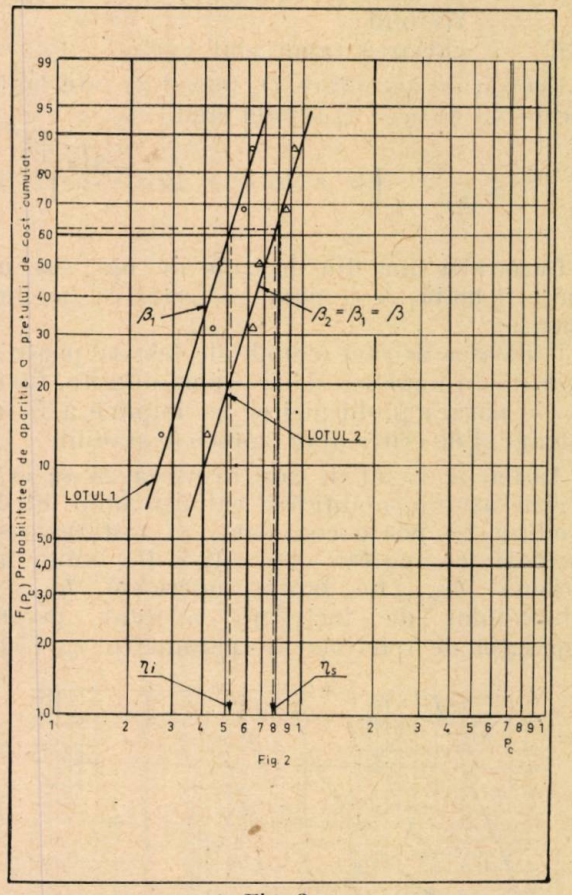


Fig 2

Fig. 2

perioară celei de referinţă η_s, cu un nivel de încredere de $1 - \alpha$ sau mai mare.

3. Există insuficiente informaţii pentru a se decide dacă prelevează cazul 1 sau 2 şi testul trebuie să fie continuat pînă la obţinerea unei informaţii care să permită luarea unei decizii pentru cazurile 1 sau 2.

Riscul care apare la luarea deciziei cazului 1 este β_r şi reprezintă probabilitatea ca elementele testate să aparţină lotului 1 de parametri (β, η_i).

Riscul care apare la luarea deciziei corespunzător cazului 2 este α şi reprezintă probabilitatea ca elementele analizate să aparţină lotului de parametri (β, η_s).

Decizia de acceptare D_1 (cazul 1) este luată acceptînd că $\eta > \eta_i$ atunci cînd

$$\sum_{i=1}^{r} P_{ci}^{\beta} > \frac{\eta_s^{\beta}}{K^{\beta} - 1}\left(\beta \cdot r \cdot \ln K + \ln \frac{1-\alpha}{\beta \cdot r}\right) \qquad (4)$$

unde

r este numărul elementelor testate secvenţial ; $r = 1, 2, 3, \ldots$;

P_{ci} — valoarea variabilei (preţul de cost corespunzător perioadei de studiu

adoptate apriori T_i, care reprezintă suma prețurilor de cost înregistrate în acest interval de timp);

β — parametrul de formă al distribuției Weibull;

K — valoarea raportului η_s/η_i.

Decizia de acceptare D_2 (cazul 2) este luată acceptînd că $\eta < \eta_s$ atunci cînd

$$\sum_{i=1}^{r} P_{ci}^{\beta} < \frac{\eta_s^{\beta}}{K^{\beta}-1}\left(\beta \cdot r \cdot \ln K - \ln\frac{1-\beta\cdot r}{\alpha}\right) \quad (5)$$

Dacă nici una din deciziile de mai sus nu poate fi luată, se impune ca testul să fie continuat.

Utilizarea acestei metode de testare poate fi aplicată în unul sau două cazuri diferite, funcție de natura problemei ce se impune a fi rezolvată și de criteriul de apreciere stabilit.

Astfel, în cazul în care urmează să se ia o decizie asupra modificării calității unui lot de produse, se poate considera, în testarea secvențială, ca ipoteză alternativă fie limita inferioară, η_{Lmin}, fie limita superioară, η_{Lmax} a intervalului de încredere adoptat pentru populația de referință de parametru η_m [10].

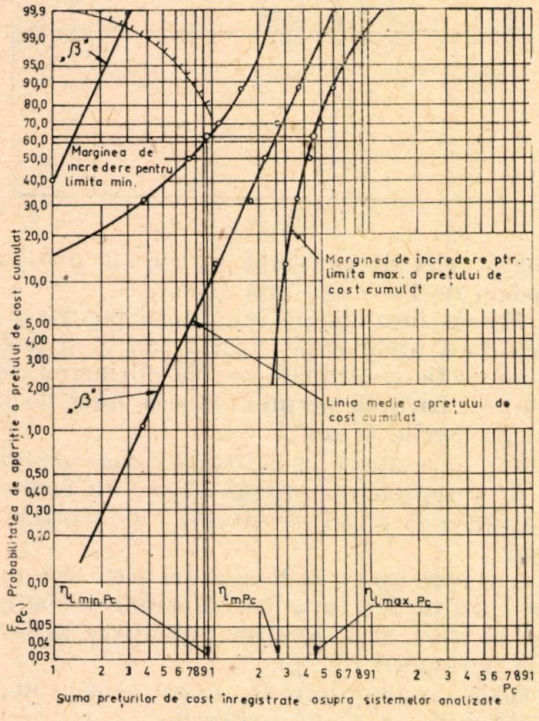


Fig. 3

Pentru a înțelege semnificația, modul de interpretare și folosire a parametrilor $\eta_{L_{min}}$, η_m, și $\eta_{L_{max}}$, se va prezenta, în acest scop, reprezentarea grafică din figura 3, în care sînt redate linia medie a prețului de cost cumulat al populației analizate și marginile-limită sau benzile de încredere construite conform metodici prezentate în literatura de specialitate [4] [5].

În cazul studiului fiabilității prin intermediu prețului de cost al pieselor de schimb, la o populație dată pot apărea două criterii de luare a deciziei.

Criteriul 1. Se cere o testare a prețului de cost pe durata T_i în cazul în care furnizorul revendică o creștere a calității materializată prin reducerea P_c al pieselor de schimb. În acest caz se pot lua următoarele decizii:

Decizia de acceptare D_1 este luată acceptînd că $\eta_{P_c} > \eta_{P_c;\, L_{min}}$ atunci cînd:

$$\sum_{i=1}^{r} P_{ci}^{\beta} > \frac{\eta^{\beta}_{P_c;\, m}}{K^{\beta}-1}\left(\beta \cdot r \cdot \ln K + \ln\frac{1-\alpha}{\beta\cdot r}\right) \quad (6$$

unde

$\eta_{P_c;\, m}$ este valoarea medie a parametrului de scală al populației standard al cărei caracteristici au fost garantate anterior de furnizor, ce caracterizează coordonata abscisei pînă la care 63,2 % din sistemele populației standard a înregistrat un preț de cost (defecte cu înlocuirea pieselor de schimb);

$\eta_{P_c;\, L_{min}}$ — valoarea-limită minimă a parametrului de scală delimitată de banda ce mărginește intervalul de încredere adoptat;

K — valoarea raportului $\eta_{P_c;\, m}/\eta_{P_c;\, L_{mi}}$

Dacă informația obținută permite luarea deciziei D_1, rezultă că elementele testate aparțin populației standard; în consecință calitatea produsului nu s-a îmbunătățit.

Decizia de acceptare D_2 este luată acceptînd că $\eta_{P_c} < \eta_{P_c;\, m}$ m atunci cînd:

$$\sum_{i=1}^{r} P_{c_i} < \frac{\eta^{\beta}_{Pc;\, m}}{K^{\beta}-1}\left(\beta \cdot r \cdot \ln K - \ln\frac{1-\beta\cdot r}{\alpha}\right)$$

(7

Dacă informația obținută conduce la luarea deciziei D_2, rezultă că sistemele testate au prețul de cost cumulat sub media populației de referință; în consecință revendicarea furnizorului se acceptă.

Criteriul 2. De această dată se cere testarea prețului de cost, contestat de beneficiar în ipoteza că prețul de cost cumulat pe perioada T_i este superior celui garantat de furnizor.

Decizia de acceptare D_1 este luată acceptînd că $\eta_{P_c} > \eta_{P_c;\, m}$ atunci cînd:

$$\sum_{i=1}^{r} P_{ci}^{\beta} > \frac{\eta^{\beta}_{Pc;\, Lmax}}{K^{\beta}-1}\left(\beta \cdot r \cdot \ln K + \ln\frac{1-\alpha}{\beta\cdot r}\right)$$

(

unde

$\eta_{Pc;\ Lmax}$ reprezintă valoarea-limită maximă a parametrului de scală al prețului de cost cumulat (delimitat de banda ce mărginește intervalul de încredere adoptat);

K — valoarea raportului $\eta_{Pc;\ Lmax}/\eta_{Pc;\ m}$.

Dacă informația obținută permite luarea deciziei D_1, rezultă că sistemele testate nu aparțin populației garantate de furnizor, fiind inferioare calitativ acesteia; în consecință contestația beneficiarului se acceptă.

Decizia de acceptare D_2 este luată acceptînd că $\eta_{Pc} < \eta_{Pc;\ Lmax}$ atunci cînd:

$$\sum_{i=1}^{r} P_{ci}^{\beta} < \frac{\eta_{Pc;\ Lmax}^{\beta}}{K^{\beta} - 1} \left(\beta \cdot r \cdot \ln K - \ln \frac{1 - \beta \cdot r}{\alpha} \right) \tag{9}$$

Dacă informația obținută conduce la luarea deciziei D_2, rezultă că elementele testate aparțin populației garantate de furnizor; în consecință contestația beneficiarului se respinge.

Pe baza prelucrării datelor existente în literatura de specialitate [5], utilizate pentru determinarea, pe cale grafică, a marginilor ce delimitează intervalul de încredere adoptat, ΔL, cît și a rezultatelor obținute prin simulare pe calculator, se pot adopta, pentru calculul mărimii valorilor-limită ale parametrului de scală η_{Lmin} și η_{Lmax}, următoarele relații:

$$\eta_{Lmin} = 0{,}242\, k_i \beta^{0{,}33} N^{0{,}22} \eta_m \tag{10}$$

$$\eta_{Lmax} = 2{,}58\, k_s \beta^{-0{,}28} N^{-0{,}12} \eta_m \tag{11}$$

în care

k_i, k_s sînt coeficienți a căror valoare depinde de mărimea intervalului de încredere ΔL, adoptat de comun acord între furnizor și beneficiar, valori înscrise în tabelul 1;

N — volumul selecției utilizat de furnizor la estimarea parametrilor distribuției Weibull β și η ce caracterizează lotul sau populația în cauză.

Tabelul 1

	Mărimea intervalului de încredere					L
	0,998	0,990	0,980	0,950	0,900	0,800
k_i	1	1,040	1,059	1,088	1,113	1,142
k_s	1	0,971	0,957	0,937	0,920	0,900

3. Determinarea parametrilor distribuției prețului de cost, în cazul trunchierii, prin metoda inversării prețului de cost

Utilizarea metodelor clasice de determinare a parametrilor de scală η și a celui de formă β este posibilă și în cazul în care testarea se face prin intermediul prețului de cost, dar numai în condițiile în care la fiecare din produsele cercetate s-a înregistrat un preț de cost al pieselor de schimb, considerînd deci că avem de determinat parametrii distribuției pentru o populație la care încercările au fost complete.

Dificultatea metodei constă în faptul că la produsele la care nu s-au înlocuit piese de schimb, prețul de cost al acestora (ca variabilă a funcției de fiabilitate) tinde către zero, deci cenzurarea sau trunchierea ar urma să se facă la stînga, către originea sistemului, și nu la dreapta, fapt ce conduce la imposibilitatea utilizării metodelor clasice de determinare a parametrilor distribuției Weibull.

Pentru rezolvarea problemei, în condițiile unei încercări incomplete, s-a luat ca variabilă a funcției de fiabilitate inversul prețului de cost $x = \dfrac{1}{P_c}$

Funcția de distribuție Weibull dată de (1) poate fi scrisă sub forma biparametrică, făcînd schimbarea de variabilă

$$Fw(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\eta} \right)^{\beta} \right] \tag{12}$$

Dacă w este o variabilă aleatorie Weibull, atunci repartiția variabilei $\bar{w} = \dfrac{1}{w}$ va fi dată de:

$$F\bar{w}(x) = P(\bar{w} > x) = P\left(\frac{1}{w} < x \right) =$$

$$= P\left(w > \frac{1}{x} \right) = \exp\left[-\left(\frac{1}{x\eta} \right)^{\beta} \right] =$$

$$= \exp\left[-(x\eta)^{-\beta} \right]$$

Avem

$$\lim_{x \to \infty} \exp\left[-(x\eta)^{-\beta} \right] = 1$$

$$\lim_{x \to 0;\ x > 0} \exp\left[-(x\eta)^{-\beta} \right] = 0$$

Rezultă că $\bar{w} = \dfrac{1}{w}$ (w — variabilă aleatorie Weibull) are funcția de distribuție:

$$F\bar{w}(x) = \begin{cases} \exp\left[-(x\eta)^{-\beta} \right], & x \geqslant 0 \\ 0 & ,x < 0 \end{cases} \quad \text{cu } \eta,\ \beta > 0 \tag{13}$$

Analog, se poate arăta că dacă $\bar{w}$ este o variabilă aleatorie cu repartiția dată de (13), variabila aleatorie $\bar{\bar{w}} = \frac{1}{\bar{w}}$ este o variabilă aleatorie Weibull :

$$F\bar{\bar{w}}(x) = P(\bar{\bar{w}} < x) = P\left(\frac{1}{\bar{w}} < x\right) =$$

$$= P\left(\bar{w} > \frac{1}{x}\right) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\eta}{x}\right)^{-\beta}\right] =$$

$$= 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\eta}\right)^{\beta}\right] = Fw(x)$$

În continuare se prezintă etapele algoritmului de determinare a parametrilor distribuției prețului de cost.

P_0 · Intrare : $P_{c_i}(i = 1, \ldots, R)$,

$P_{c_i} \neq 0$ — prețurile de cost cumulate ale sistemelor energetice la care s-au înregistrat defectele ;

$$P_{c_i}(i = R + 1, \ldots, N)$$

$P_{c_i} = 0$ — $(N - R)$ sisteme energetice nu au avut defecte în intervalul analizat.

P_1 · Se calculează $\bar{P}_{c_i} = \frac{1}{P_{c_i}} (i = 1, \ldots, R)$

P_2. Se determină cu metoda verosimilității maxime [7] parametrii β și η ai distribuției prețului de cost.

Funcția de verosimilitate pentru o selecție de volum N, reprezentată de primele R valori ale extragerii, este :

$$P = \frac{N!}{(N-R)!}\left[\prod_{i=1}^{R} \beta \cdot \eta (\eta \bar{P}_{ci})^{-(\beta+1)} e^{-(P_{ci}\cdot\eta)^{-\beta}}\right] \times$$

$$\times \left[1 - e^{-(P_{CR}\cdot\eta)^{-\beta}}\right]^{(N-R)} \qquad (14)$$

Rezolvarea sistemului :

$$\frac{\partial \ln P}{\partial \eta} = 0 \qquad \frac{\partial \ln P}{\partial \beta} = 0$$

dă estimațiile de maximă verosimilitate ale parametrilor β și η ai distribuțiilor (12) și (13).

După determinarea parametrilor β și η ai distribuției prețului de cost se poate aplica testul secvențial prezentat în paragraful 2.

Concluzii

Pentru a verifica justețea și oportunitatea adoptării unei astfel de soluții, s-a efectuat un studiu prin utilizarea metodei de simulare Monte-Carlo [10], [11].

Testarea secvențială a fiabilității sistemelor energetice reparabile prin intermediul prețului de cost al pieselor de schimb devine astfel posibilă în condițiile în care se adoptă ca variabilă inversul prețului de cost, fapt ce permite determinarea parametrilor distribuției Weibull și pentru încercări incomplete.

Metodologia prezentată reprezintă o cale de apreciere a fiabilității sistemelor energetice în funcție de necesarul pieselor de schimb și de cheltuielile totale actualizate.

Exemplu numeric

La cererea furnizorului se solicită testarea prețului de cost al pieselor de schimb pentru a se evidenția o îmbunătățire a calității produselor livrate.

Parametrii distribuției Weibull ai prețurilor de cost garantate anterior de beneficiar au fost $\beta = 3{,}1$, $\tau = 250$.

S-a procedat la testarea secvențială a prețului de cost în condițiile adoptării ca parametri de risc $\alpha_r = \beta_r = 0{,}05$ rezultînd din calcul $\tau_{min} = 189$ pentru un interval de încredere de 90%.

În acest scop s-au testat patru instalații electrice aflate în funcțiune pe o perioadă Δt apriori stabilită, după care s-au înregistrat următoarele prețuri de cost : 210,902 ; 84,786 292,066 ; 150,620.

Aplicarea testului secvențial în condițiile criteriului 1 pentru aceste date nu a condus la luarea unei decizii, ceea ce impune continuarea testului pentru încă o perioadă Δt după care s-au înregistrat alte patru prețuri de cost : 174,837 81,451 ; 223,644 ; 124,923.

Repetînd testul secvențial și pentru noile valori, a rezultat decizia 2 — instalațiile testate au prețul de cost cumulat al pieselor de schimb sub media populației de referință ; în consecință revendicarea furnizorului se acceptă.

Bibliografie

[1] Gibra, I. N. *Probability and Statistical Inference fo Scientists and Engineering.* Prentice-Hall, 1973.

[2] Hahn, G. J., Shapiro, S. S. *Statistical Models in Engineering.* John Wiley & Sons, 1968.

[3] Johnson, G. L. *The statistical treatment of fatigu experiments.* America Elsevier Publishing Co., New York, 1964.

[4] Johnson, G. L. *Theory and Technique of Variation Research.* Elsevier Publishing, New York, 1964.

[5] Kaceciogiu, D. B. *Lecture notes for the secon „Reliability Testing Institute"*, aprilie 1976. The Univer sity of Arizona, Tucson, Arizona.

[6] Mann, N. R., Schafer, R. E., Singpurwal la, N. D. *Methods for Statistical Analysis of Reliabilit and Life Data.* John Wiley and Sons, 1974.

[7] Mihoc, G., Craiu, V. *Tratat de statistică mate matică*, Vol. I, Editura Academiei, București, 1977.

[8] Nițu, V. I., Ionescu, C. *Fiabilitatea în energetică* Editura didactică și pedagogică, Bucureiti, 1980.

[9] Popescu, I., Lixăndroiu, D. *Asupra unc metode de testare a fiabilității folosind tehnica simulări* Sesiunea de comunicări științifice, I.C.I. Bucureșt 1979.

[10] Văduva, I., Ravage, A. *A Subroutine Librar for Computer Generation of Random Numbers, Randor Variables, Random and Stochastic Processes.* GMI Mitteilungen, nr. 39, Bonn.

[11] Văduva, I. *Modele de simulare cu calculatorul.* Editur tehnică, București, 1978.

(Articol intrat în redacție la 31 iulie 198

Cu privire la stabilitatea montanţilor alcătuiţi dintr-o cornieră, cu rezemare alternantă, la stîlpii metalici ai liniilor electrice aeriene

Şef lucr. dr. ing. **R. Băncilă**
Acad. prof. ing. **D. Mateescu**
Dr. ing. **I. Appeltauer***)

Dispunerea alternantă a diagonalelor la stîlpii metalici ai liniilor electrice aeriene (fig. 1) conduce la avantaje atît din punct de vedere static, cît şi constructiv. Efortul admisibil al montantului (piciorului) stîlpului la compresiune creşte, în unele cazuri peste 25% (tabelul 1). Constructiv, realizarea unor noduri

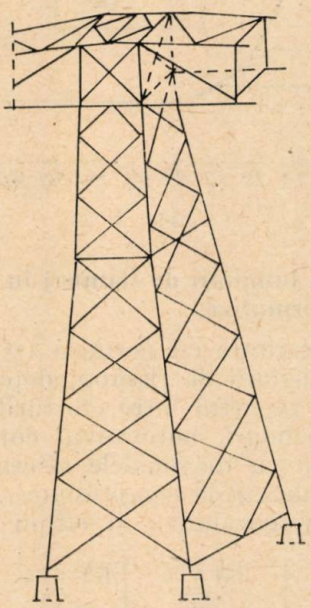


Fig. 1

1. Rezolvarea teoretică a problemei

În majoritatea cazurilor, montantul este alcătuit dintr-o cornieră cu aripi egale; problema cea mai importantă constă în determinarea încărcării critice, respectiv a lungimii de flambaj.

Ţinînd seama de amploarea liniilor electrice, de cantitatea de oţel pusă în operă, de faptul că această dispunere este tipică stîlpilor LEA, comportarea unei corniere rezemate alternant în două planuri a constituit o preocupare mai veche. Astfel, încercările efectuate la scară reală [2] au pus în evidenţă complexitatea fenomenului, flambajul producîndu-se spaţial.

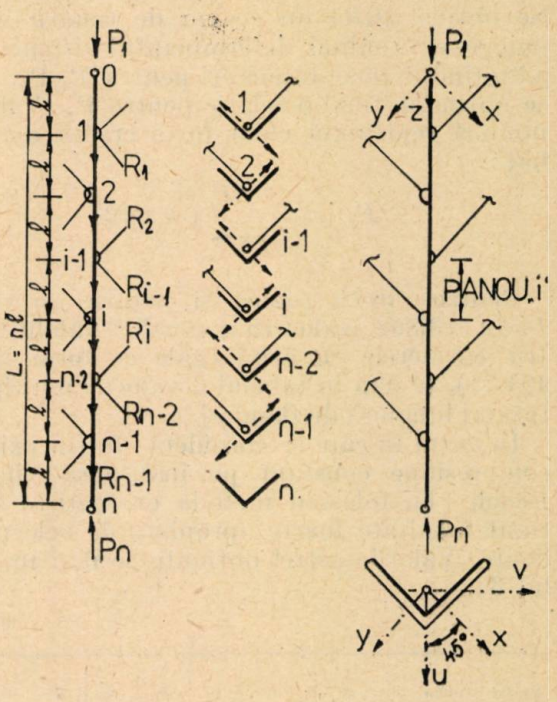


Fig. 2

Tabelul 1

Efortul admisibil al unui montant $L = 210$ cm; $\sigma a = 1600$ daN/cm²

Dispunerea diagonalelor	Profilul	Aria, cm²	Raza de giraţie, cm	Zvelteţea, λ	Coef. de flamb. ω*	N, tf	δ, %
Concord.	L 120×120×10	23,2	2,36 (iv)	89	1,69	21,96	25
Altern.	L 120×120×10	23,2	3,67 (ix)	57	1,27	29,23	
Concord.	L 160×160×12	37,4	3,17 (iv)	66	1,36	44,0	15
Altern.	L 160×160×12	37,4	4,94 (ix)	43	1,16	51,59	

* După VDE 0 210/69

plane simplifică execuţia. Diagonalele sînt dispuse în două feţe adiacente decalat, primul panou, de regulă în peretele perpendicular pe aliniament, avînd o alcătuire în K [1].

Soluţia teoretică a fost dată pentru prima oară de Girkmann [3]. Presupunînd eforturile în montant variabile în trepte, de la panou la panou (P_1, P_2, ..., P_n), lungimea L a montantului împărţită în panouri egale ($L = n \cdot 1$), diagonalele prinse de montant prin articulaţii perfecte (fig. 2) şi neglijînd efectul răsucirii,

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic „Traian Vuia"-Timişoara.

Tabelul 2

$n = 2$ (panouri)	
$P_1 = P_2$	$\mu = 0{,}65$
$P_1 : P_2 = 19 : 20$	$\mu = 0{,}64$
$P_1 : P_2 = 9 : 10$	$\mu = 0{,}63$
$P_1 : P_2 = 1 : 2$	$\mu = 0{,}56$
$n = 3$ (panouri)	
$P_1 = P_2 = P_3$	$\mu = 0{,}75$
$P_1 : P_2 : P_3 = 8 : 9 : 10$	$\mu = 0{,}72$
$P_1 : P_2 : P_3 = 1 : 2 : 3$	$\mu = 0{,}63$
$n = 4$ (panouri)	
$P_1 = P_2 = P_3 = P_4$	$\mu = 0{,}69$
$n = 5$ (panouri)	
$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$	$\mu = 0{,}75$
$P_1 : P_2 : P_3 : P_4 : P_5 = 6 : 7 : 8 : 9 : 10$	$\mu = 0{,}69$
$P_1 : P_2 : P_3 : P_4 : P_5 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5$	$\mu = 0{,}64$
$n = 6$ (panouri)	
$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6$	$\mu = 0{,}75$

Girkmann a exprimat continuitatea fibrei medii deformate în toate nodurile intermediare. Se obține astfel un sistem de ecuații liniare omogene. Anulînd determinantul sistemului și admițînd diverse raporturi pentru P_1/P_n, P_2/P_n se obține în final o relație pentru P_n. Valoarea minimă reprezintă chiar forța critică de flambaj :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{(\mu s)^2}; \quad s = 2l \qquad (1)$$

Pentru cîteva cazuri și pentru un raport $Iu/Iv = 3{,}868$ (valoarea maximă *) valabilă pentru cornierele cu aripi egale conform STAS 424-71), se dau în tabelul 2 valorile multiplicatorului lungimii de flambaj, μ.

În cazul în care se consideră efortul axial de compresiune constant pe înălțimea stîlpului, Bleich [4], folosind metoda energetică, a obținut rezultate foarte apropiate de cele precedente. Valorile astfel obținute se dau în tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. de panou n	2	3	4	5	6	7	8	∞
Multiplicator μ	0,64	0,76	0,79	0,76	0,76	0,74	0,75	0,77

Considerînd corniera un profil cu pereți subțiri, Djubek [5] a reluat problema stabilității montantului cu noduri alternante, pierderea stabilității producîndu-se prin încovoiere-răsucire. Punînd expresia forței critice sub forma (1), în figura 3 se reprezintă variația multiplicatorului lungimii de flambaj μ, pentru raportul între lățimea și grosimea cornierei cu aripi egale $b/t = 12$ și pentru $n = 3$ panouri ; aceleași valori se obțin și pentru $n = \infty$. Pentru $\lambda > 80$ se remarcă o concordanță perfectă cu valorile anterioare [3] și [4]. În domeniul zvelteților reduse, influența răsucirii este importantă, în consecință lungimea de flambaj crește.

*) Cu cît crește raportul I_{max}/I_{min}, forța critică de flambaj scade; deci se consideră valoarea maximă a raportului.

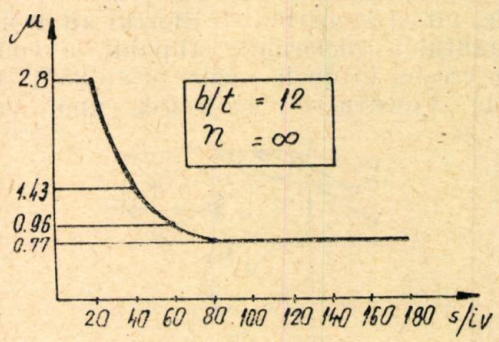


Fig. 3

2. Alegerea lungimii de flambaj în conformitate cu unele normative

În conformitate cu normele DIN 4114 [6], alegerea lungimii de flambaj depinde în mod esențial de raportul între eforturile axiale din diferitele panouri, normativul considerînd separat stîlpii cu diagonalele alternante, solicitați preponderent la compresiune (efortul axial aproximativ constant), și stîlpii solicitați la

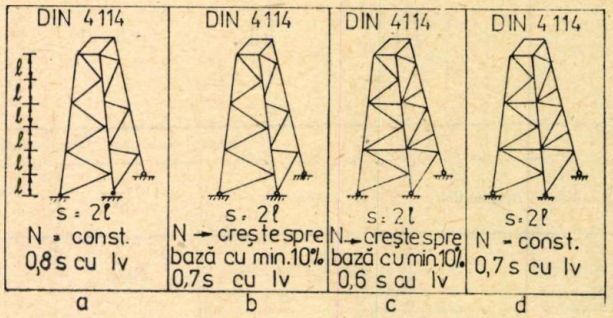


Fig. 4

încovoiere (eforturile axiale cresc spre baza stîlpului, din panou în panou, cu aproximativ 10%), rotunjind superior, pentru montanții alcătuiți din corniere cu aripi egale, valorile din tabelul 2 (fig. 4 *a*, *b*). Panourile cu eforturi mai reduse au un efect de încastrare asupra panoului imediat inferior, acționînd deci favorabil [7]. Se reprezintă și cazul particular, în care fiecare al doilea nod este transformat prin introducerea unor bare orizontale în nod spațial (fig. 4 *c*, *d*).

Normativul japonez [8] prevede aceleași valori ca DIN 4114.

Normele germane pentru calculul stîlpilor LEA [9] au adoptat valorile din figura 5.

Prescripțiile americane [10], prevăd pentru calculul zvelteții, valorile din figura 6. Recomandările Convenției europene pentru construcții metalice [11] prescriu valori foarte apropiate de cele deduse de Girkmann (fig. 7). Normativul sovietic [12], ținînd seama și de încastrarea parțială a diagonalelor în dreptul prinderii de montant [13], recomandă un multiplicator variabil al lungimii de flambaj, în funcție de raportul rigidității diagonalei și al montantului (fig. 8). Aceste valori, mai reduse decît cele din normele europene, au fost preluate și de normativul românesc [14]. Se constată că valoarea minimă 1,0 (cu ix), a multiplicatorului lungimii de flambaj din normativul sovietic, corespunde aproximativ valorii 0,64 (cu iv) deduse de Girkmann (pentru un raport al forțelor $P_1 : P_2 : P_3 : P_4 : P_5 = 1 ; 2 : 3 : 4 : 5$) și adoptată de normele germane VDE, iar valoarea maximă 1,14 (cu ix) din normativul sovietic corespunde aproximativ valorii 0,73 (cu iv).

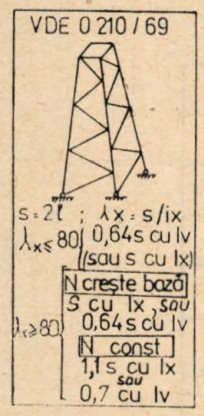


Fig. 5

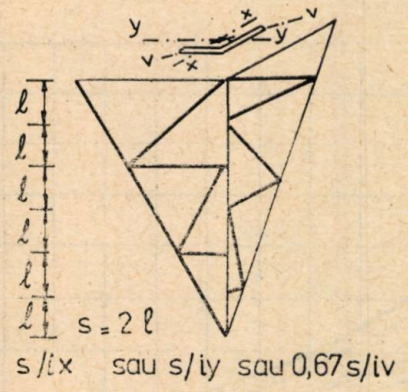


Fig. 6

Normele poloneze [15], preluînd valorile lui Girkmann, prescriu verificarea cu raza de inerție ix și $\mu = 1{,}2$ sau cu iv și $\mu = 0{,}8$.

În concluzie, se constată că lungimea de flambaj variază în funcție de raportul forțelor axiale din panourile consecutive, în intervalul (0,64—0,77). Acest lucru este adevărat pentru coeficienți de zvelțete $\lambda \geqslant 80$. Dacă $\lambda < 80$, începe să influențeze componenta de răsucire a deformatei critice și lungimea de flambaj crește. Un exemplu de calcul al unui stîlp curent (fig. 9), solicitat la încovoiere (solicitarea preponderentă în practică), a condus la un raport al forțelor axiale (aproximativ 1 : 3 : 5 ...), care se apropie de valorile considerate de Girkmann. În consecință, valoarea minimă a lungimii de flambaj apare ca reală, cuprinzînd, precum s-a menționat, efectul încastrării parțiale a panourilor mai solicitate, în cele mai puțin solicitate. În această lumină, efectul de încastrare parțială a diagonalelor, menționat de Trofimov [13] și inclus în normele sovietice [12], devine operant în intervalul foarte îngust $\mu = 0{,}98 - 1{,}0$.

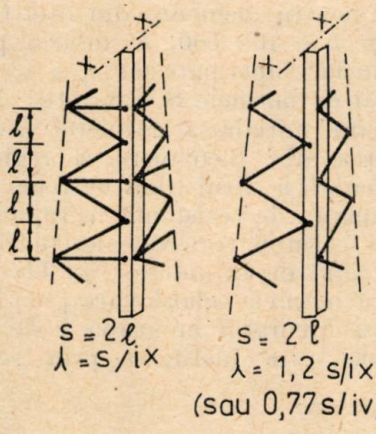


Fig. 7

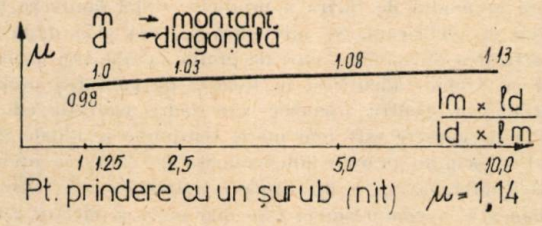


Fig. 8

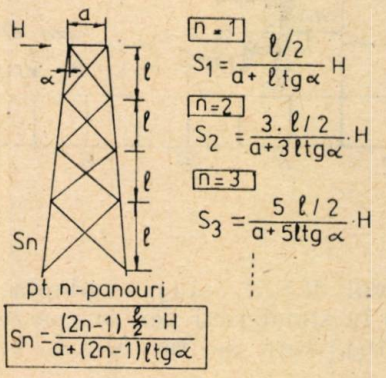


Fig. 9

3. Cîteva probleme privind alegerea unor coeficienți de flambaj raționali la stîlpii LEA

Alegerea lungimii de flambaj constituie doar un aspect al problemei (bifurcarea barei ideale); celălalt aspect îl constituie alegerea curbei de flambaj (intervenind comportarea reală a barei, înglobînd imperfecțiuni).

Curbele de flambaj adoptate de normele germane, sovietice și americane sînt diferite, în funcție de metoda de calcul aleasă, metoda rezistențelor admisibile (R.F.G., R.D.G.) și

metoda la stări limită (U.R.S.S., S.U.A.). Într-o comparație completă, intră și valorile încărcărilor, ale coeficienților de încărcare și ale rezistențelor de calcul.

Normativul german VDE prevede aceleași valori pentru coeficienții de flambaj ca DIN 4114.

În figura 10 sînt reprezentate curbele de flambaj adimensionale recomandate de CECM pentru stîlpii LEA în două situații :

1) imperfecțiunile se reduc la curbura inițială ;

2) ele cuprind și eforturile reziduale.

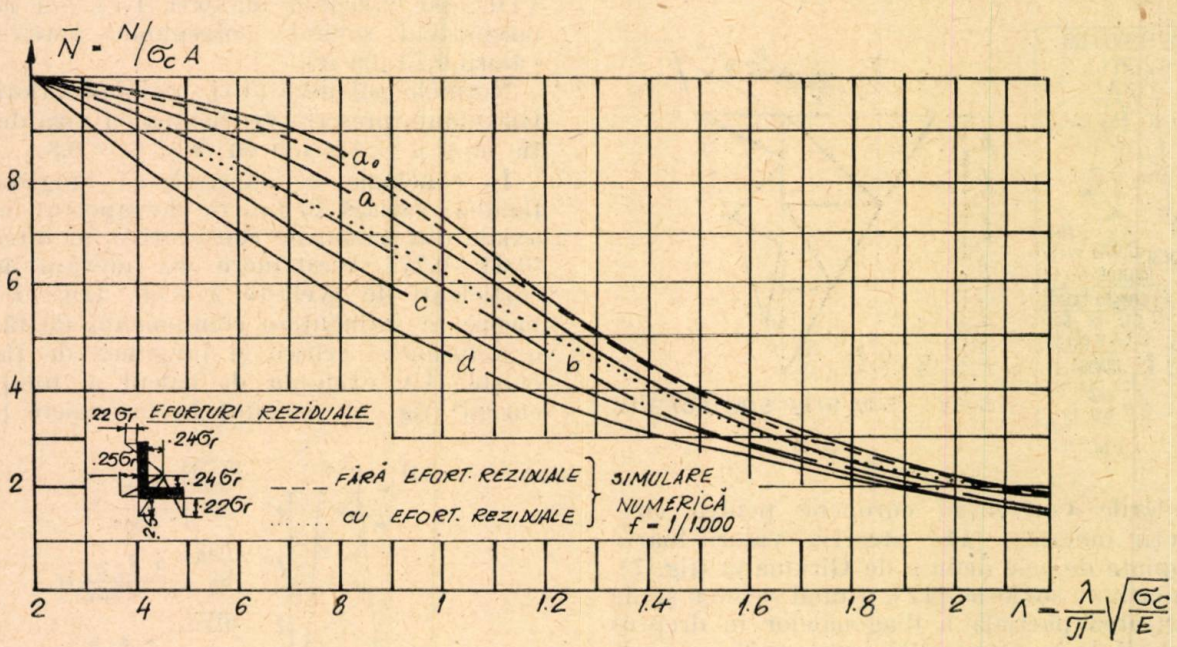


Fig. 10

Normativul R.S.R. [14] a adoptat valorile prescrise în standardul pentru construcții metalice [16], care se racordează la valorile CECM.

Este de remarcat în mod deosebit că recomandările Convenției europene pentru con-

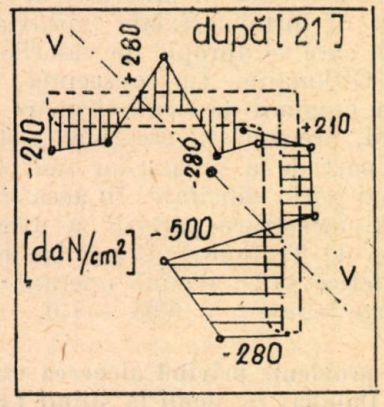


Fig. 11

strucții metalice consacră un capitol separat stîlpilor metalici LEA, din următoarele motive :

— structurile, a căror comportare este cel mai bine cunoscută ;

— încărcările, care diferă, în general, de încărcările celorlalte construcții metalice ;

— numeroase încărcări făcute la scara 1 : 1.

Comparativ se prezintă și curbele *a*, *b*, *c*, adoptate și de STAS 10108/0-78, respectiv de normativul R.S.R. Se subliniază că numeroase rezultate experimentale la scara 1 : 1, executate în S.U.A. pentru elemente din oțel OL 52 și cu zvelțeți $\lambda = 40-100$, se înscriu pe curba a_0, a oțelurilor superioare cu $\sigma_c \geqslant 43$ kN/cm², adoptată și de normele S.U.A. [10]. Într-adevăr, curbura inițială a cornierei favorizează comprimarea din încovoiere a regiunii din jurul conjeului, a cărui fibră extremă prezintă modulul maxim de rezistență în raport cu axa minimă a secțiunii transversale, tensiunea reziduală *) fiind de întindere (fig. 11) [17]. Se constată că normele cehoslovace [18] încadrează corniera favorabil în grupa *b* de secțiuni. Acest lucru este justificat prin rezultatele

*) Mărimea și distribuția tensiunilor reziduale depind de factori tehnologici și de forma și dimensiunile secțiunii transversale. În cazul profilelor laminate, factorii tehnologici se referă la modul de răcire a profilelor după laminare și la modul de rectificare. Se subliniază părerea [17] după care repartizarea diferitelor tipuri de profile la cele trei curbe de flambaj trebuie făcută și în funcție de calitatea oțelului. Într-adevăr, pentru oțelurile superioare calității OL 37 limita de curgere este mai mare, tensiunile reziduale rămînînd în schimb practic independente de calitatea oțelului. Astfel, diferența $\sigma_c - \sigma_{rc}$, unde σ_{rc} simbolizează tensiunea remanentă la compresiune, este mai mare și efectul relativ al tensiunilor reziduale scade.

încercărilor sistematice efectuate pe 102 corniere izolate, de către J. Melcher [19].

Încercări experimentale

Pentru determinarea experimentală a capacității portante a montanților stîlpilor LEA alcătuiți dintr-o cornieră, s-a ales un model experimental cu o alcătuire curentă, tipică acestor structuri. Montanții (picioarele) sînt alcătuiți din corniere $L\ 60 \times 60 \times 6$, iar diagonalele încrucișate, dispuse în cele două fețe alternant, sînt alcătuite din profile $L\ 40 \times 40 \times 4$ și prinse cu cîte un șurub M 12 de montant.

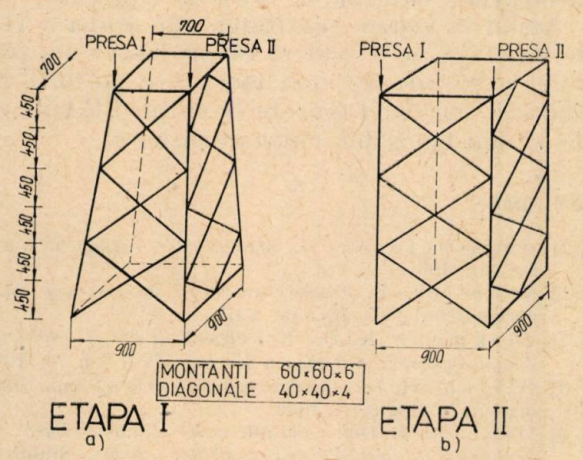


Fig. 12

Tronsonul are o formă tronconică, trei panouri, 2700 mm înălțime, 900 mm la bază și 700 mm la capătul superior (fig. 12 *a*). Încercarea a fost concepută astfel încît două prese de cîte 200 kN să acționeze concomitent pe două picioare alăturate ale stîlpului (fig. 13).

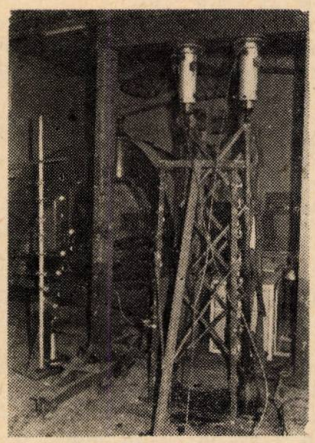
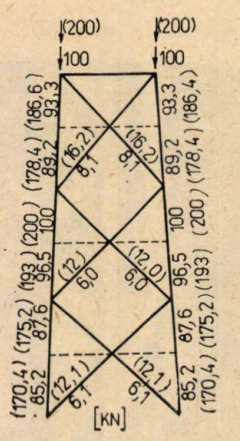


Fig. 13

Pentru această încărcare s-au determinat, prin intermediul programului CASPA [20], eforturile în barele structurii spațiale, considerînd montantul o bară continuă și diagonalele prinse articulat în noduri. Pentru fața care se încearcă, se dau în figura 14 eforturile în barele structurii.

Concomitent s-a determinat și limita de curgere. Din lotul de laminate au fost luate 2×6 probe confecționate în conformitate cu STAS 200-75.



VDE

MONTANT

$N_a = \frac{1}{1,13} \cdot 1600 \cdot 6,91 = 98$ KN

$N_{curg} = \frac{1}{1,13}\ 2400\ 6\ 91 = 147$ KN

DIAGONALE

$N_a = \frac{1}{1,45} \cdot 1600 \cdot 3,08 = 34$ KN

$N_{curg} = \frac{1}{1,45} \cdot 1600 \cdot 3,08 = 51$ KN

ȘURUBURI M 12 ; 5.6

$N^{pg}_{cap} = 1,2 \cdot 0,6\ 4800 = 34,6$ KN

$N^{forf}_{cap} = 2 \cdot 1,13 \cdot 1500 = 33,9$ KN

Fig. 14

Tabelul 4

Montant $L\ 60 \times 60 \times 6$ $A = 6,91$ cm² $(2l) = 90$ cm, $ix = 1,82$ cm ; $i_{min} = 1,17$ cm $\sigma_c = 2895$ daN/cm² ; $N_c = 20,004$ daN							Obs.
	Nr. tronson	N_{cr}, kN	$\varphi = \frac{N_{cr}}{N_c}$	STAS 10108/0-78			
				A	*B*	*C*	
Etapa I	Tronson 1	168,8	0,844	$\varphi_A = 0,893$	$\varphi_B = 0,846$	$\varphi_C = 0,775$	
	Tronson 2	152,2	0,761				
	Tronson 3	190	0,950				Încov.
	Tronson 4	151,5	0,757				
	Tronson 5	183,1	0,915				
Etapa II	Tronson 6	183,2	0,915				Încov.
	Tronson 7	181,0	0,905				
	Tronson 8	179,9	0,899				
	Tronson 9	182,0	0,910				
	Tronson 10	179,0	0,895				
	Tronson 11	184,0	0,920				
	Tronson 12	181,5	0,907				
Media încerc. — Etapa I			0,845				
Media încerc. — Etapa II			0,907				
Media generală			0,882				

Lungimi și coeficienți de flambaj

1.	U.R.S.S. ROMANIA	$\frac{\mu(2l)}{ix} = \frac{1,14.90}{1,82} = 57$;	$\varphi = 0,834$; $\varphi_B = 0,846$
2.	VDE	$\frac{\mu(2l)}{iv} = \frac{0,64.90}{1,17} = 49$;	$\varphi = 0,833$
3.	S.U.A.	$\frac{\mu(2l)}{iv} = \frac{0,67.90}{1,17} = 52$; $\varphi = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_c} = 0,92$	
4.	CECM	$\frac{\mu(2l)}{ix} = \frac{1,2.90}{1,82} = 60$;	Ecuația curbei neindicată

Epruvetele au fost recoltate din lotul de corniere $L\ 60 \times 60 \times 6$. Efectuînd media valorilor obținute pentru limita de curgere pentru cele 12 epruvete, s-a obținut în final valoarea $\sigma_c = 2895$ daN/cm^2.

Încercările s-au efectuat în două etape.

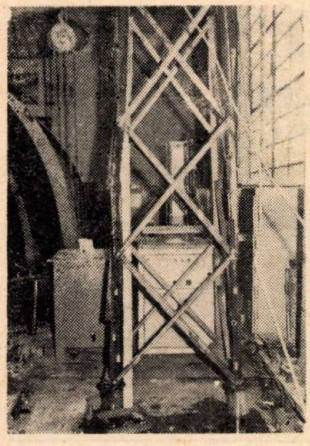


Fig. 15

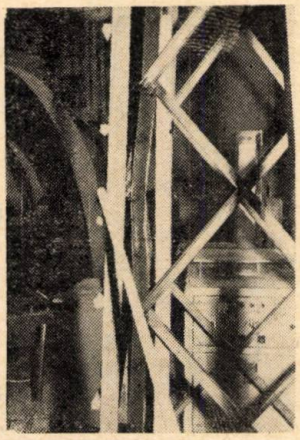


Fig. 16

Rezultatele primei etape de încercări, la cinci tronsoane, se dau în tabelul 4. Se constată valori diferențiale, deci o împrăștiere mare, unele valori (elementele 2 și 4) înscriindu-se pe curba *c*. Împrăștierea mare se datorează dificultăților în centrarea forței aplicate prin intermediul presei. Fenomenul de instabilitate s-a înregistrat la trei elemente, din cele cinci menționate mai sus (fig. 15 și 16), la celelalte două

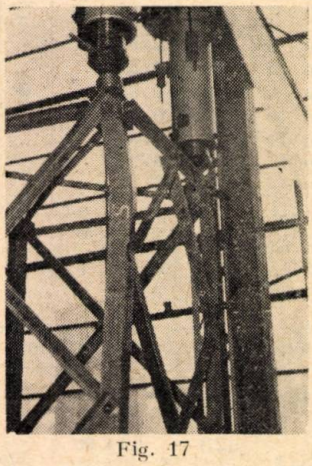


Fig. 17

tronsoane, deformațiile s-au produs lent, fiind tipice încovoierii cu forță axială, în domeniul elastico-plastic (fig. 17).

Pentru eliminarea inconvenientelor de mai sus, s-a trecut, în etapa a II-a, la un model cu tălpi paralele (fig. 12, *b*), iar centrarea s-a efectuat topografic cu două aparate, punîndu-se pe aceeași verticală axa presei cu axa montantului. Prin această modificare s-a realizat o centrare mai bună, zvelțețea barelor rămînînd aceeași ca în cazul anterior, concepția încercării fiind identică cu cea din etapa I.

Rezultatele încercărilor în cele două etape, stabilirea lungimilor de flambaj în conformitate cu cîteva normative, se dau în tabelul 4.

Concluzii

Încercările experimentale efectuate au pus în evidență comportarea favorabilă a cornierei și, în consecință, încadrarea în grupa *B* de secțiuni a standardului 10108/0-78 pentru stîlpi LEA este logică și rațională. De altfel, această încadrare s-a operat ulterior [23] și în baza cunoașterii rezultatelor din prima etapă a încercărilor descrise în acest articol [22].

Avînd în vedere rezultatele din etapa a II-a de încercări, se consideră că, pe baza unui program experimental mai larg, este posibilă încadrarea cornierei folosite la stîlpii LEA metalici și mai favorabil, chiar în curba *a*.

Bibliografie

[1] Grosspetzsch, G. *Starkstromfreileitungen*. VEB Leipzig, 1965.

[2] Schaller, L. *Festigkeitsversuche an eisernen Fachwerkmasten*, ZVI, Bd. 56, 1912.

[3] Girkmann, K. *Die Knickfestigkeit der Eckstäbe von Raumtragwerken mit ebenen Knoten*. ZVI, Bd. 78, 1928

[4] Bleich, H. *Das Ausknicken der Eckstiele von Gittermasten*. Bauingineur, 1936.

[5] Djubek, J. *Die Stabilität eines dünnwandigen abwechselnd in zwei Ebenen gestützten Stabes*. Stahlbau Juli, 1960.

[6] * * * DIN 4114 *Stabilitätsfälle*.

[7] Kollbruner, C., Meister, M. *Knicken, Kippen Beulen*. Springer Verlag, Berlin.

[8] * * * *AIJ Standard for Structural Calculation of Steel Tower Structures*.

[9] * * * *Bestimmungen für den Bau von Starkstromfreileitungen über 1 kV*. VDE 0210/5.69.

[10] * * * *Steel Transmission Tower*. ASCE, 1971.

[11] * * * *European Specification for Steel Construction*

[12] * * * SNIP II — I.9 — 62.

[13] Trofimov, V. *Studiul și construcția unor noi tipuri de stîlpi metalici LEA*. Moscova 1968 (l. rusă).

[14] * * * *Normativ pentru proiectarea stîlpilor LEA*. PE 104.

[15] * * * *Polska Norma* PN 60/B-03205.

[16] * * * *Calculul elementelor din oțel* STAS 10108/0-78

[17] Mateescu, D., Appeltauer, I., Cuteanu, E. *Stabilirea la compresiune a barelor din oțel*. Ed. Acad. R.S.R., București, 1981.

[18] * * * CSN 73401 *Navrhovani ocelovych konstrukc* 1976.

[19] Melcher, J. *An experimental study on torsion and buckling behavior of Stell Built-up Members*. Regional Colloquim on Stability of Stell Structure, 1977, Budapest.

[20] Căpățînă, D. *Program pentru calculul cadrelor spațiale*. CASPA, IPC, București.

[21] Tebedge, N. *Contraintes residuelles dans les profilés en acier*. În : Construction Métalique, nr. 2, 1774.

[22] Mateescu, D., Appeltauer, I., Băncilă, R. *Observații privind stabilitatea montanților alcătuiți dintr-o cornieră, cu rezemare alternantă, la stîlpii LEA metalici*. Conferința de construcții metalice, Timișoara oct. 1979.

[23] Dalban, C., Siminea, P., Chesaru, I. *Normativ pentru proiectarea stîlpilor metalici ai liniilor aeriene de energie electrică peste 1000 V*. PE 104-2/7

(Articol intrat în redacție la 6 noiembrie 198

)eterminarea cîmpului de tempe- ɜturi în pereții conductelor ɜrmice*)

Dr. ing. **Constantin Brătianu****)

Instalațiile termoenergetice se caracterizează general prin producerea și deci funcționarea r în prezența unor cîmpuri termice. De exem- u, paletele și carcasa unei turbine se află în mpul termic al aburului care se destinde, vile dintr-un cazan de abur se află în cîmpul rmic al gazelor de ardere, iar conductele ter- ice sînt supuse cîmpului termic generat de entul termic.

Aceste cîmpuri termice prezintă distribuții uniforme în spațiu și sînt variabile în timp. ezența lor produce deformări, respectiv in- ce solicitări termice neuniforme și variabile timp în structura internă a instalațiilor. Cu valorile cîmpului termic sînt mai ridicate ă de temperatura mediului ambiant și mai uniform distribuite, cu atît sînt mai mari efectele produse în pereții instalațiilor res- ctive.

Cunoașterea acestor distribuții de tempera- ri constituie deci un factor esențial în evalua- corespunzătoare a solicitărilor la care sînt puse instalațiile termice, precum și în di- ensionarea adecvată a instalațiilor termice. lucrarea de față se prezintă un model de terminare a cîmpului de temperatură în reții conductelor termice bazat pe metoda mentelor finite.

Formularea problemei

Formularea corectă a unei probleme ingine- ti implică specificarea ipotezelor de lucru, pectiv a condițiilor de valabilitate ale mode- ui analitic folosit. Pentru cazul de față, ipo- ele de lucru vor viza materialul folosit, geo- tria considerată și condițiile de limită spe- ce cazurilor practice.

Elementele de structură ale unei rețele ter- e sînt corpuri metalice. O primă ipoteză de terial va fi aceea a reprezentării lui prin nceptul de mediu continuu. Acest mediu îl nsiderăm omogen local, în sensul că admi- ea unor neomogenități de material se poate e numai pînă la nivelul unui element finit. spectiv, unele elemente finite pot avea pro- etăți fizice diferite față de elementele vecine. nționăm de asemenea că materialul poate fi izotrop sau neizotrop. Sub acest aspect, mode- lul analitic va fi general, permițînd alegerea variantei dorite. În practică însă, se merge în mod curent pe considerarea mediilor continue ca fiind izotrope și omogene pe regiuni. Neomo- genitatea apare în acest caz numai pe ansam- blul considerat, ca urmare a folosirii unor ma- teriale diferite, în regiuni diferite ale domeniu- lui de analiză.

Ipoteze de lucru referitoare la geometrie. Modelul analitic se construiește de obicei pentru cazul geometriei tridimensionale, urmînd apoi ca modelul cu elemente finite, sau numai codul de calcul să fie specializat în sensul folosirii unei anumite geometrii. Se pot folosi și coduri de calcul foarte generale, dar în acest caz trebuie asigurată o bibliotecă de elemente finite nodale cu diferite geometrii și caracteristici generale funcționale. Pentru cazul de față considerăm o geometrie bidimensională. Bazăm această alegere pe considerente de ordin funcțional, economic și de experiență.

Funcțional, cîmpurile de temperatură investi- gate au în mod evident distribuții tridimensio- nale. Se constată totuși că în majoritatea aplica- țiilor practice variația de temperatură pe o anumită direcție este cu mult mai mică decît variația de temperatură pe celelalte două, deci poate fi ignorată. De exemplu, variația de tem- peratură în peretele unei conducte în direcție axială este mult mai mică decît variația tem- peraturii într-o secțiune transversală, atunci cînd se analizează fenomene locale.

Argumentele de natură economică se referă la capacitatea facilităților de calcul disponibile. Actualmente, folosirea unui cod tridimensional în condițiile dotării noastre cu computere de mică și medie capacitate nu poate fi justificată la scară utilitară. Pe aceeași direcție se înscriu și considerentele privind experiența noastră în acest domeniu.

O ultimă categorie de ipoteze de lucru se referă la selectarea condițiilor de frontieră. În general, în determinarea cîmpurilor termice pot apărea condiții de limită tip Dirichlet, Neumann sau Cauchy. Dacă se consideră că rezistența termică a transferului de căldură de la agentul termic la peretele conductei este mică și poate fi ignorată, atunci la suprafața internă a pereților de conductă temperatura devine o funcție cunoscută — deci condiții Dirichlet. Aceleași condiții sînt valabile și pentru suprafața exterioară a peretelui de con- ductă, întrucît conducta este izolată. Oricum, pentru generalitate, vom include în programul de calcul deopotrivă condiții Dirichlet și con- diții Neumann. În cazul în care se va pune problema studierii distribuției de temperaturi și în izolația conductei, atunci se va apela și la

*) Lucrare prezentată la cea de-a IX-a Consfătuire a termo- geticienilor din România, Brașov, 3—5 decembrie 1.

**) Șef de lucrări la Institutul politehnic București.

condiții Cauchy, datorită transferului de căldură prin convecție.

Distribuția de temperatură într-un corp solid este guvernată de legea conservării energiei și depinde de proprietățile de material și condițiile de limită impuse. Pentru cazul general, în care considerăm un domeniu de analiză V, mărginit de o frontieră S (fig. 1), se poate scrie

$$\rho_c \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}\right) + Q = 0, \quad \text{în V} \qquad (1)$$

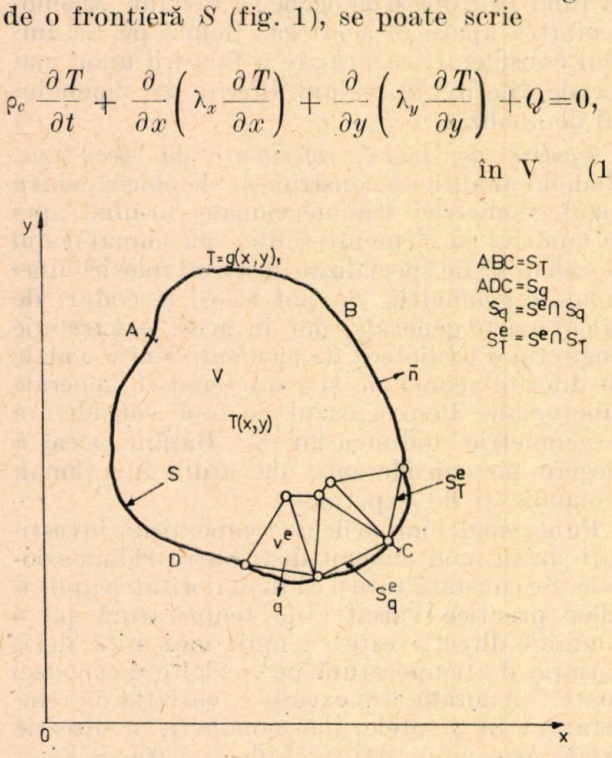


Fig. 1. Definirea domeniului de analiză și a frontierelor sale.

cu următoarele condiții inițiale și de frontieră

$$T = T_0, \text{ pentru } (x, y) \in V \text{ și } t \leqslant 0 \qquad (2)$$

$$T = g(x, y), \text{ pentru } (x, y) \in S_T \text{ și } t > 0 \qquad (3)$$

$$\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} n_y + q = 0, \text{ pentru } (x, y) \in S_q \qquad (4)$$

unde s-a notat cu $T = T(x, y)$ funcția de temperatură, cu t — timpul, cu x, y — coordonatele carteziene ale geometriei plane, cu Q — termenul sursă, cu λ_x, λ_y — coeficienții de transfer de căldură prin conducție în direcțiile x și y, cu q — fluxul termic spre exteriorul domeniului, iar cu n — versorul normalei la frontiera domeniului într-un punct $(x, y) \in S$. De asemenea, notăm cu S_T acea parte a frontierei pe care se specifică temperatura, iar cu S_q — acea parte a frontierei pe care se specifică fluxul termic. Se pot scrie deci relațiile

$$S_T \cup S_q = S \text{ și } S_T \cap S_q = \emptyset \qquad (5)$$

Pentru cazul de față, $Q = 0$, întrucît pereți conductelor nu conțin surse de căldură. Totodată, vom considera un regim staționar de lucru și un mediu omogen, fapt pentru care ecuația (1) devine

$$\lambda_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0, \text{ în V,} \qquad (6$$

iar ecuația (2) devine nenecesară. Ecuația (6) împreună cu condițiile de limită (3) și (4) constituie modelul analitic al problemei. Acest model urmează a fi transformat într-un model numeric cu elemente finite și apoi implementat pe calculator.

2. Modelul cu elemente finite

Discretizăm domeniul V în elemente finite triunghiulare V^e (fig. 1). La nodurile acestor elemente finite definim ca variabilă necunoscută temperatura T. Modelul de aproximare al temperaturii este dat la nivelul unui element finit (fig. 2), prin relația :

$$\hat{T}(x, y) = N_1(x, y)\, T_1^e + N_2(x, y)\, T_2^e + N_3(x, y) T_3^e = [N]^T [T]^e \qquad (7$$

unde

$$[N] = \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ N_3 \end{bmatrix}, \quad [T]^e = \begin{bmatrix} T_1^e \\ T_2^e \\ T_3^e \end{bmatrix} \qquad (8$$

Funcțiile de interpolare N_i au următoarea formă :

$$N_1(x, y) = \frac{1}{2A}(a_1 + b_1 x + c_1 y)$$

$$N_2(x, y) = \frac{1}{2A}(a_2 + b_2 x + c_2 y) \qquad (9$$

$$N_3(x, y) = \frac{1}{2A}(a_3 + b_3 x + c_3 y)$$

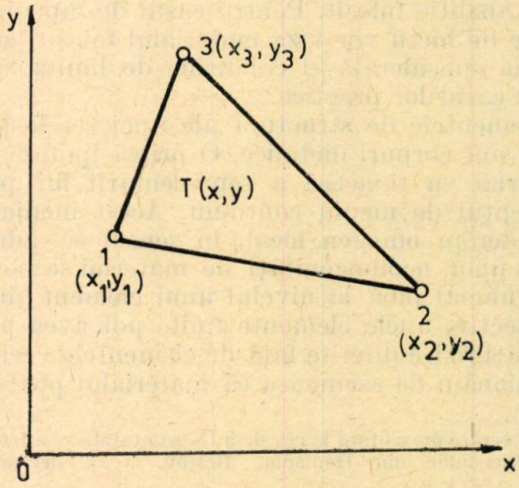


Fig. 2. Element finit triunghiular liniar.

unde a_i, b_i și c_i ($i = 1, 2, 3$) sînt coeficienți care depind exclusiv de coordonatele nodurilor elementului finit considerat.

$$a_i = x_j y_k - x_k y_j$$

$$b_i = y_j - y_k, \qquad (i, j, k = 1, 2, 3) \quad (10)$$

$$c_i = x_k - x_j$$

Introducînd funcția de aproximare $\hat{T}(x, y)$ în ecuația (6) se obține un reziduu pe care îl minimizăm prin procedeul Galerkin

$$\int_{V^e} N_i \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_x \frac{\partial \hat{T}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_y \frac{\partial \hat{T}}{\partial y}\right)\right] \mathrm{d}v = 0,$$

$$(i = 1, 2, 3) \quad (11)$$

Ecuația (11) nu conține însă nici o posibilitate a satisfacerii condițiilor de limită. Pentru a crea această posibilitate, integrăm prin părți :

$$\int_{V^e} N_i \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_x \frac{\partial \hat{T}}{\partial x}\right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y = \int_{S_q^e} N_i \lambda_x \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} \mathrm{d}y -$$

$$- \int_{V^e} \lambda_x \frac{\partial N_i}{\partial x} \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} \mathrm{d}x\mathrm{d}y = \int_{S_q^e} N_i \lambda_x \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} n_x \, \mathrm{d}s -$$

$$- \int_{V^e} \lambda_x \frac{\partial N_i}{\partial x} \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$\int_{V^e} N_i \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_y \frac{\partial \hat{T}}{\partial y}\right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y = \int_{S_q^e} N_i \lambda_y \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} \mathrm{d}x -$$

$$- \int_{V^e} \lambda_y \frac{\partial N_i}{\partial y} \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} \mathrm{d}x\mathrm{d}y = \int_{S_q^e} N_i \lambda_y \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} n_y \, \mathrm{d}s -$$

$$- \int_{V^e} \lambda_y \frac{\partial N_i}{\partial y} \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

unde s-a considerat că elementul finit V^e are grosimea de o unitate. Combinînd acum expresiile de mai sus, se obține ecuația

$$\int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_i}{\partial x} \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_i}{\partial y} \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y =$$

$$= \int_{S_q^e} N_i \left(\lambda_x \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} n_y \right) \mathrm{d}s \quad (12)$$

Introducînd acum condiția de limită pentru fluxul termic din ecuația (4) în ecuația (12) se obține :

$$\int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_i}{\partial x} \frac{\partial \hat{T}}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_i}{\partial y} \frac{\partial \hat{T}}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y = -$$

$$- \int_{S_q^e} N_i q \, \mathrm{d}s \quad (13)$$

În sfîrșit, introducem modelul de aproximare (7) în ecuația (13) :

$$\left[\int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_i}{\partial x} \frac{\partial N_j}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_i}{\partial y} \frac{\partial N_j}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y \right] T_j^e = -$$

$$- \int_{S_q^e} N_i q \, \mathrm{d}s \quad (14)$$

Considerînd acum, la nivelul elementului generic e, valorile 1, 2, 3 pentru indicii i, j se obține ecuația matricială

$$\begin{bmatrix} A_{11}^e & A_{12}^e & A_{13}^e \\ A_{21}^e & A_{22}^e & A_{23}^e \\ A_{31}^e & A_{32}^e & A_{33}^e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1^e \\ T_2^e \\ T_3^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_1^e \\ B_2^e \\ B_3^e \end{bmatrix} \quad (15)$$

unde coeficienții A_{ij}^e și B_i^e au următoarea formă :

$$A_{11}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_1}{\partial x} \frac{\partial N_1}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_1}{\partial y} \frac{\partial N_1}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$A_{12}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_1}{\partial x} \frac{\partial N_2}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_1}{\partial y} \frac{\partial N_2}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$A_{13}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_1}{\partial x} \frac{\partial N_3}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_1}{\partial y} \frac{\partial N_3}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$A_{22}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_2}{\partial x} \frac{\partial N_2}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_2}{\partial y} \frac{\partial N_2}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$A_{23}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_2}{\partial x} \frac{\partial N_3}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_2}{\partial y} \frac{\partial N_3}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$A_{21}^e = A_{12}^e, \; A_{31}^e = A_{13}^s, \; A_{23}^e = A_{32}^e$$

$$A_{33}^e = \int_{V^e} \left(\lambda_x \frac{\partial N_3}{\partial x} \frac{\partial N_3}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N_3}{\partial y} \frac{\partial N_3}{\partial y} \right) \mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

$$B_i^e = \begin{cases} \displaystyle\int_{S_q^e} N_i q \, \mathrm{d}s, & \text{dacă nodul } i \in S_q^e \\ 0, & \text{dacă nodul } i \notin S_q^e \end{cases}$$

Cu alte cuvinte, termenii B_i^e se calculează numai pentru elementele de frontieră ale dome-

Fig. 5. Rezultate pentru cazul condițiilor de limită variabile.

Fig. 4. Rezultate pentru cazul condițiilor de limită constante.

Fig. 3. Discretizare pentru analiza cîmpului intern de temperatură.

niului și sînt nenuli numai pentru nodurile ce aparțin frontierei S_q.

Asamblarea tuturor elementelor din domeniul V conduce la sistemul de ecuații

$$[A]\,[T] = [B] \qquad (16)$$

în care vectorul $[T]$ conține toate valorile nodale ale temperaturii din domeniul analizat. Prin rezolvarea sistemului de ecuații (16) se obțin deci valorile necunoscute T_i, urmînd ca pe baza lor și a modelului de aproximare (7) să se poată calcula temperatura în orice punct al domeniului de analiză.

5. Rezultate și concluzii

Pe baza modelului cu elemente finite prezentat mai sus, autorul a realizat programul de calcul TERMIC, scris în limbaj FORTRAN. Acest program are o structură modulară și flexibilă, putînd fi ușor adaptat unor dezvoltări ulterioare. Modulele de bază ale programului sînt următoarele: PARAM — modul pentru introducerea parametrilor de bază ai problemei de analizat (număr de noduri, de elemente, de ecuații cu elemente finite, proprietăți de material ș.a.); ELNOD — modul care introduce datele discretizării (coordonatele nodurilor, matricea de conexiuni și matricele cu condiții la limită). Discretizarea poate fi făcută manual sau chiar de către calculator pe baza unui program specializat; INITIAL — modul care inițializează matricele [A] și [B]; ELEMCO — modul ce obține, pe baza matricei de conexiuni, coordonatele nodurilor locale ale fiecărui element finit în parte; SUBAE — module care generează matricea coeficient $[A]^e$ pentru fiecare element finit în parte; EXPAE — prin acest modul se realizează asamblarea matricelor elementare $[A]^e$ în matricea globală a sistemului [A]; SUBDIR și BCON — module de implementare a condițiilor de limită; REZSIS — acest modul rezolvă sistemul de ecuații liniare (16). Modulul aparține bibliotecii matematice a calculatorului FELIX C32 și este cerut de programul principal, după implementarea condițiilor de limită.

În figura 3 se prezintă domeniul de analiză considerat în cercetările noastre *), cu discretizarea sa în elemente finite triunghiulare liniare. Figura 4 prezintă cîteva izoterme caracteristice cazului în care atît pe frontiera internă cît și pe cea externă a conductei se specifică o distribuție constantă de temperatură. Subliniem faptul că acesta este și cazul pentru care s-a rezolvat analitic ecuația transferului de căldură și s-a obținut formula:

$$q = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{2\pi\lambda}\ln\frac{d_e}{d_i}} \qquad (17)$$

În cazul în care distribuția de temperatură pe suprafața externă nu este constantă (cazul țevilor fierbătoare dintr-un focar, cazul magistralelor de termoficare cu depuneri de zăpadă pe partea superioară a izolației etc.), izotermele cîmpului intern de temperatură nu mai sînt concentrice. O astfel de situație este prezentată în figura 5. Deoarece în acest caz se pierde simetria axială a condițiilor de limită, deci și a cîmpului termic intern, folosirea formulei (17) este incorectă din punct de vedere matematic. Folosirea ei în practică devine deci aproximativă, iar rezultatele se apropie de situația reală numai în măsura în care neuniformitatea axială a condițiilor externe de temperatură este relativ redusă.

În final, menționăm faptul că programul de calcul TERMIC se află în continuă dezvoltare. Ca direcții de dezvoltare menționăm realizarea unei biblioteci de elemente finite adecvate calculului proceselor termice, precum și un modul de implementare a condițiilor de limită pentru cazul transferului de căldură prin convecție.

*) Menționez sprijinul acordat în realizarea unor aplicații numerice de matem. M. Sterescu.

Bibliografie

[1] Brătianu, C. *Aplicații ale metodei cu elemente finite la calculul conductelor termice.* Cap. III din Contractul de cercetare științifică 6—1—13/1981, Coordonator C. Moțoiu.

[2] Huebner, K. H. *The Finite Element Method for Engineers.* John Wiley and Sons, New York, 1975.

[3] Kreith, F. *Principles of Heat Transfer,* 2nd edition, Intex Press, Inc., New York, 1975.

[4] Norrie, D. H., De Vries, G. *An Introduction to Finite Element Analysis.* Academic Press, New York, 1978.

[5] Oden, J. T. *Finite Elements of Nonlinear Continua.* McGraw-Hill, New York, 1972.

[6] Segerlind, L. J. *Applied Finite Element Analysis.* John Wiley and Sons, New York, 1976.

[7] Zienkiewicz, O. C. *The Finite Element Method.* 3rd edition, McGraw-Hill, Londra, 1977.

(Articol intrat în redacție la 11 ianuarie 1982)

Măsuri de protecție anticorosivă a aparatajului electric destinat să funcționeze în zone cu agresivitate chimică

Ing. **Rodica Andone**,
Chim. **Silvia Minea**,
Ing. **Victor Curelea**,
Ing. **Minodora Salgo**,
Ing. **Haris Cruceru**,
Ing. **Cornel Moțiu***)

Siguranța în funcționare — condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească o instalație electrică — este puternic afectată în condițiile exploatării acesteia în atmosfere corosive. Efectul este amplificat în condițiile în care, peste factorii meteorologici (umiditate, temperatură), se suprapun factori chimici poluanți (gaze chimice agresive, pulberi, aerosoli etc.), care acționează în sensul accelerării proceselor de coroziune.

În lucrarea de față sînt prezentate o parte din încercările efectuate în vederea selecționării unor sisteme de protecție care să fie utilizate la realizarea aparatajului electric exploatat în zona centralei electrice Govora. Studiile au fost inițiate în urma observațiilor efectuate pe aparatajul în execuție normală exploatat în zonă, care au pus în evidență necesitatea proiectării și realizării de aparataj destinat să funcționeze în zone cu agresivitate chimică.

Datele din literatura de specialitate privind vitezele de coroziune înregistrate în microclimate industriale pun în evidență variații, după cum urmează :

- pentru oțel : 25,5—405,1 μm/an
- pentru zinc : 16,76—219,96 μm/an
- pentru aluminiu și aliaje de aluminiu : 2,32—55,1 μm/an
- pentru cupru și aliaje de cupru : 0,48—3,65 μm/an

Variațiile mari ale vitezei de coroziune sînt explicate prin acțiunea specifică a factorilor poluanți ce acționează în microclimatul respectiv. Din acest motiv, stabilirea unor măsuri de protecție eficiente se poate face numai pentru o anumită zonă industrială.

Precizările făcute mai sus au orientat studiile efectuate în sensul stabilirii corozivității atmosferei pe platforma centralei electrice Govora, (amplasată în incinta Combinatului chimic Rm. Vîlcea) și încercarea unor sisteme de protecție cu rezistență anticorosivă corespunzătoare la factorii poluanți din zonă.

Din măsurătorile efectuate în zonă de către ICEMENERG s-a pus în evidență existența următorilor agenți chimici : clor (conc. maxim 0,10 mg/m³), acid clorhidric (conc. maxim 0,5 mg/m³), hidrogen sulfurat (conc. maxim 0,06 mg/m³), pulberi de carbonat de sodiu și calciu.

Încercări efectuate

Metalele și sistemele de protecție galvanic și prin vopsire au fost încercate atît în condiț reale de exploatare, în stația de încercări creat în incinta centralei electrice Govora, cît și î condiții accelerate de laborator.

Condițiile realizate în camerele climatice a fost următoarele :

- umiditatea relativă : 90 ± 5%
- temperatura : 40 ± 3°C
- concentrația agenților chimici = concentrația de avar (20 ori concentrația maximă determinată) :
  H_2S — 1,2 mg/m³
  HCl — 10 mg/m³
- durata de acționare a agentului chimic : 8 ore/z

Pentru determinarea corozivității atmosfere au fost expuse la centrala electrică Govor epruvete 70 × 70 × 1 mm șlefuite, degresate cîntărite, confecționate din : oțel, zinc, alum niu, cupru și alamă, urmărindu-se pierdere în greutate și viteza de coroziune.

Pentru îndepărtarea produșilor de coroziu s-au utilizat următoarele soluții :

- oțel : HCl 1 : 1 + Armohib 28—1%
- zinc : NH_4Cl 10%
- cupru și aliaje : H_2SO_4 10%
- aluminiu : HNO_3 70%

Pentru încercarea sistemelor de protecție acoperire metalică s-au executat epruvete dimensiunile 140 × 70 × 1 mm, care au fo protejate pe fluxul tehnologic al Întreprinde „Electroaparataj".

Acoperirile de protecție și grosimile de str aplicate au fost următoarele :

Metal de bază	Metal de acoperire	Grosimea stratului, μm
Oțel	zinc electrochim. pasivat	25 ÷ 40
	cadmiu pasivat	12 ÷ 20
	zinc (metalizare)	50 ÷ 100
	aluminiu (metalizare)	50 ÷ 100
Alamă	nichel	25
	nichel + crom	20 + 0,5 ; 30 +
	argint	10

S-a urmărit modificarea aspectului acope rilor metalice în funcție de timpul de expune în atmosferă corosivă.

Pentru acoperirea galvanică de argint, avî în vedere atacul caracteristic al mediilor sulf, s-au introdus în încercări și epruv protejate suplimentar prin pasivare, pentru

*) Ing. Rodica Andone, chim. Sivia Minea, ing, Victor Curelea, ing. Minodora Salgo și ing. Haris Cruceru lucrează la ICPE; ing. Cornel Moțiu lucrează la ICEMENERG.

întîrzia sulfurarea și deci pentru a împiedica modificarea caracteristicilor funcționale ale argintului. S-au încercat cinci soluții de pasivare, ale căror compoziție și condiții de aplicare sînt indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Compoziția electrolitică, g/l		Condiții de lucru: D_c, A/dm²	Tensiunea, V	Temperatura, °C	Durata, min.	Obs.
1	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	34	2,5	—	20	5	anod inox.
	NaOH	13,5					
	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	107,9					
2	Na_3PO_4	50	1,5	4—6	20	2	
	Na_2CO_3	20					
	Na_2CrO_4	2					
3	$K_2Cr_2O_7$	36	3	6	20	5	p*H*-8 anod :Pb
	KNO_3	12					
	$SnCl_2 \cdot 2H_2O$	4	—	—	20	1	
	HCl	0,025					
5	$K_2Cr_2O_7$	60	—	—	20	0,5	

Epruvetele argintate și pasivate au fost supuse încercării la acțiunea hidrogenului sulfurat, urmărindu-se variația rezistenței de contact în funcție de durata de expunere. Măsurătorile s-au efectuat la un curent de 1 A și la forțe de apăsare diferite, de 10, 20, 30 și 40 gf.

Sistemele de protecție prin vopsire încercate, aplicate pe epruvete din TDA pregătite prin sablare, sînt indicate în tabelul 2. Aplicarea materialelor de vopsire s-a făcut conform indicațiilor tehnice ale materialelor.

Au fost incluse în programul de încercări și sisteme combinate de protecție : metalizare cu zinc și aluminiu și vopsire.

S-au urmărit fenomenele de schimbare a aspectului și degradare a peliculelor : pătare, crăpicare, coroziune, precum și aderența la suport a materialelor de vopsire.

Opt variante de protecție prin vopsire au fost supuse unei încercări electrochimice, secționîndu-se astfel rapid acoperirile cu eficacitate anticorosivă ridicată în medii impurificate cu acid clorhidric.

Încercarea s-a executat în soluție de HCl 3%, urmărindu-se apariția unui curent în celula electrolitică între anodul-epruveta vopsită și catodul confecționat din oțel inoxidabil, între care se aplică o tensiune constantă de 5 V. Pe durata a 24 ore tensiunea s-a aplicat timp de 8 ore, restul de 16 ore întrerupîndu-se tensiunea, dar menținînd soluția în celulă. S-a considerat că un sistem de protecție este rezistent dacă curentul măsurat are o valoare de pînă la 100 μA, parțial rezistent pentru curenți de 100—500 μA și nerezistent pentru valori de peste 500 μA.

Tabelul 2

Nr. sistem	Structura sistemului	Număr de straturi aplicate	Grosimea peliculei, μm
1	Grund perclorvinilic seria 4070	1	70
	Email perclorvinilic seria 4070	4	
2	Grund perclorvinilic seria 4070	1	70
	Email perclorvinilic seria 4070	3	
	Lac perclorvinilic seria 4070	1	
3	Grund perclorvinilic seria 4070	1	70
	Email perclorvinilic seria 4070	3	
	Lac perclorvinilic seria 4178	1	
4	Grund pasivant G834—40	1	70
	Email perclorvinilic seria 4070	3	
5	Grund alchidic roșu oxid seria 5040	1	80
	Email perclorvinilic seria 4070	3	
	Lac incolor seria 4070	1	
6	Grund alchidic roșu oxid seria G735—1	1	70
	Email perclorvinilic seria 4070	3	
7	Grund galben epoxi-amină seria 3100	1	90
	Email alb epoxi-amină seria 3100	3	
8	Grund gri-verzui epoxi-amidă seria 3204	1	90
	Email verde epoxi-amidă seria 3204	3	
9	Grund miniu clorcauciuc G359—1	2	120
	Email gri clorcauciuc E829—1	2	
10	Grund pasivant G834—40	1	100
	Grund miniu clorcauciuc G359—1	1	
	Email gri clorcauciuc E829—1	2	
11	Grund pasivant G834—40	1	100
	Email gri clorcauciuc E829—1	3	
12	Materiale plastice pulverulente epoxidice	—	100
13	Vopsea epoxi-gudron V3207	1	150—170
	Email perclorvinilic gri seria 4070	2	
14	Vopsea epoxi-gudron V3207	1	150—170
	Email vinilic gri seria 4100	2	
15	Vopsea epoxi-gudron V3207	1	180—200
	Email crem seria 3100	2	
16	Vopsea epoxi-gudron V3200	1	180—200
	Email albastru seria 3204	2	
17	Vopsea epoxi-gudron V3207	1	180—400
	Email gri clorcauciuc E829—1	2	
18	Metalizări cu zinc la grosimea de 50 μm	—	80—90
	Email bronz aluminiu E816—1	2	
19	Metalizări cu zinc la grosimea de 100 μm	—	130—140
	Email bronz aluminiu E816—1	2	
20	Metalizări cu aluminiu la grosimea de 50 μm	—	80—90
	Email bronz aluminiu epoxidic E816—1	2	
21	Metalizări cu aluminiu la grosimea de 100 μm	—	130—140
	Email bronz aluminiu epoxidic E816—1	2	

Rezultate obținute

Valorile obținute pentru pierderea în greutate și viteza de coroziune pentru metalele neprotejate expuse în zona centralei electrice Govora sînt indicate în tabelul 3.

Conform STAS 10128-75 „Protecția contra coroziunii a construcțiilor supraterane din oțel. Clasificarea mediilor agresive", luînd în considerație gazele agresive și concentrația aces-

Variația pierderii în greutate și a vitezei de coroziune în funcție de timpul de menținere în atmosferă din zona CET GOVORA

Materialul supus coroziunii	Pierdere în greutate, g/m², după			Viteză de coroziune, g/m² zi, după		
	1 lună	3 luni	6 luni	1 lună	3 luni	6 luni
TDA	22,639	74,52	131,486	0,754	0,828	0,730
Zinc	16,45	40,89	72,08	0,548	0,454	0,40
Aluminiu	0,874	1,536	2,78	0,029	0,017	0,015
Cupru	4,325	7,02	13,506	0,144	0,078	0,075
Alamă	1,545	4,97	8,6	0,0515	0,0553	0,0477

tora măsurată, ca și umiditatea relativă, rezultă că zona centralei Govora corespunde clasei de agresivitate 4. Din indicele de penetrație stabilit din măsurătorile efectuate pe metale neprotejate (0,033 mm/an) rezultă clasa de agresivitate 2. Explicația valorii reduse a clasei de agresivitate decurge din acțiunea simultană a gazelor corosive acide și a pulberilor alcaline.

Din încercarea acoperirilor galvanice în mediu de acid clorhidric au rezultat următoarele :

— acoperirile de zinc pasivate (25 μ și 40 μm) au prezentat, după 21 zile de încercare, doar modificarea culorii stratului pasiv (verde, brun, negru), fără a se înregistra coroziunea metalului de bază nici după 160 zile ;

— acoperirile de cadmiu pasivat au prezentat modificări ale peliculei pasive după 21 zile, iar la prelungirea atacului mediului s-a format pe suprafață o peliculă uniformă și aderentă de produși. Coroziunea metalului de bază s-a înregistrat după 120 zile pentru acoperirea cu grosimea de 12 μm ;

— acoperirile prin metalizare de zinc și aluminiu nu și-au schimbat aspectul după 60 zile ;

— acoperirile de nichel și nichel + crom au prezentat o rezistență redusă.

Toate acoperirile metalice au rezistat timp de 100 zile la încercarea în hidrogen sulfurat, fără a se produce modificări ale aspectului (cu excepția acoperirii galvanice de argint).

Variația rezistenței de contact măsurată pe epruvetele argintate și pasivate funcție de timpul de menținere în atmosferă de hidrogen sulfurat, pentru forța de apăsare de 20 gf, este prezentată în figura 1.

Se observă efectul de întîrziere a sulfurării produs de soluțiile 3 și 1. După 80 ore de încercare, rezistența de contact crește liniar pentru toate soluțiile încercate, efectul peliculei pasive nemaifăcîndu-se simțit.

Verificarea acoperirilor de protecție galvanice în stația amenajată la centrala Govora a pus în evidență rezistența corespunzătoare a tuturor sistemelor încercate după 12 luni. Se verifică, astfel, concluzia trasă pe metale ne protejate referitoare la agresivitatea redusă atmosferei din zonă.

Examinările au fost îngreunate de depunere pe suprafața probelor a unui strat gros și ad rent de pulberi de carbonați.

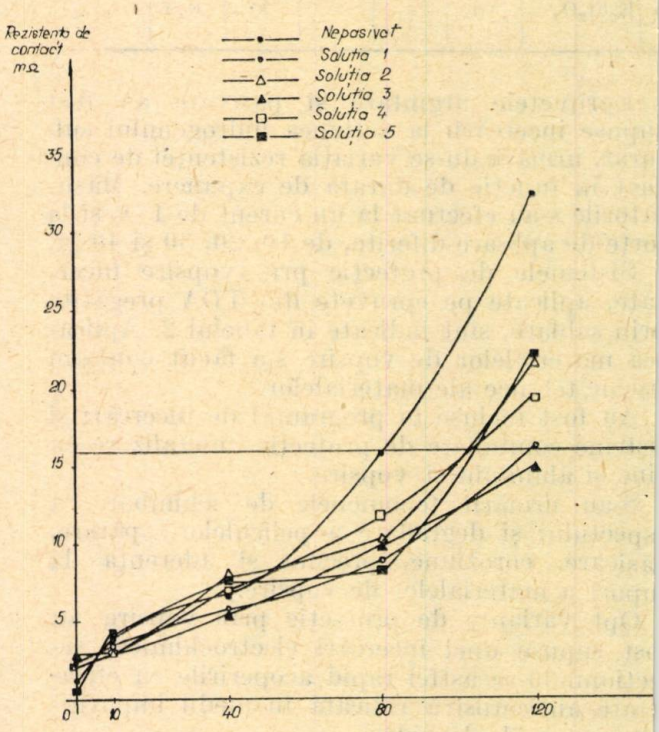


Fig. 1

Se remarcă, totuși, avansarea coroziu într-o măsură mai mică pentru acoperirile cadmiu și nichel + crom.

În ceea ce privește acoperirile prin vopsire acoperirile combinate (metalizare +vopsire încercările în laborator și în stația amenaja în aer liber la centrala electrică Govora condus la următoarele rezultate :

— În mediu de hidrogen sulfurat, toate s temele încercate au rezistat fără modificări aspect și aderență 60 cicluri de încercare.

— În mediu de acid clorhidric, dintre sistemele încercate numai cele cu materiale perclorvinilice aplicate pe grunduri alchidice G735—1 și G5040 (sistemele 5 și 6 din tabelul 2) nu au avut o comportare corespunzătoare din punctul de vedere al rezistenței anticorosive după 60 cicluri de încercare. Ele au prezentat fenomenul de bășicare a peliculei după 21 cicluri de încercare.

— Sistemele de vopsire pe bază de materiale perclorvinilice (1—3 din tabelul 2), deși au avut o comportare corespunzătoare la ambele încercări de laborator, prezintă o aderență mediocră a peliculei la suportul metalic, precum și inconvenientul unei puteri mici de acoperire, ceea ce face necesară aplicarea unui număr mare de straturi succesive pentru a atinge o grosime de strat convenabilă.

— Deficiență în ceea ce privește aderența peliculei la substratul metalic prezintă și sistemul format din vopsea epoxigudron V3207 și email gri clorcauciuc (sistemul 17 din tabelul 2).

— Încercările electrochimice efectuate au condus la stabilirea următoarei ierarhizări a sistemelor de vopsire din punctul de vedere al rezistenței lor în medii impurificate cu acid clorhidric :

V3207 + E3100 = G3100 + E3100 = V3207 + E829 — 1 = = V3207 + E4070 = G359—1 + E829—1 = G834—40 + + G359—1 + E829—1 > G4070 + E4070 + L4070 > G4070 + + E4070 + L4178 > G4070 + E4070 = G3204 + E3204 > > V3207 + E4100 > G834—40 + E4070 = V3207 + E3204.

— În condiții naturale de mediu, în stația amenajată pe platforma CET Govora, după 14 luni de expunere, s-au observat următoarele :

— Pe suprafața tuturor epruvetelor s-a format o crustă aderentă ca urmare a depunerilor de praf și a pulberilor de carbonați de calciu și de sodiu, care sînt în atmosferă în cantitate mare de la fabrica de sodă din imediata vecinătate a centralei electrice.

Această crustă se îndepărtează ușor prin simpla spălare cu apă de pe suprafața epruvetelor protejate cu email perclorvinilic și clorcauciuc. La suprafața epruvetelor protejate cu email seria 3100, crusta este însă foarte aderentă și nu se poate îndepărta decît prin frecare cu hîrtie abrazivă sau cu peria de sîrmă.

— Sistemele 5, 6 și 8 din tabelul 2 au prezentat coroziune chiar după trei luni de expunere, ajungînd ca după 14 luni să prezinte 40—50% (sistemele 5, 6), respectiv 20% (sistemul 8).

— Lacurile incolore seria 4070 și 4178, aplicate pe sistemele cu materiale perclorvinilice, nu îmbunătățesc rezistența anticorosivă a sistemelor. După un an de expunere se constată exfolierea lacului incolor de pe stratul de email.

Concluzii

1. Încercările efectuate în condiții de laborator, precum și în stația de încercare amenajată pe platforma centralei electrice Govora au permis selecționarea unor sisteme de protecție cu acoperiri metalice și cu acoperiri peliculogene care pot fi recomandate pentru protecția anticorosivă a aparatajului electric destinat să funcționeze în zone impurificate cu hidrogen sulfurat și acid clorhidric.

2. Rezultatele obținute în climat natural pentru sistemele de vopsire prezintă o corelare bună cu încercările accelerate de laborator în mediu impurificat cu acid clorhidric și încercările electrochimice de coroziune.

3. Sistemele de vopsire pe bază de materiale perclorvinilice, epoxi-amine și clorcauciuc au avut o comportare foarte bună din punctul de vedere al rezistenței anticorosive în medii impurificate cu hidrogen sulfurat și acid clorhidric.

4. Acțiunea hidrogenului sulfurat (în concentrație de 12 mg/m^3) asupra sistemelor de vopsire și galvanice încercate (cu excepția acoperirii de argint) a fost nesemnificativă.

Pasivarea acoperirilor de argint cu rețetele selecționate mărește rezistența la sulfurare a acestora.

5. Acoperirile galvanice de zinc (25 și 40 μm) și cadmiu (12 și 20 μm), pasivate, precum și acoperirile de zinc și cadmiu obținute prin metalizare prezintă o rezistență bună în medii impurificate cu acid clorhidric (în concentrație de 10 mg/m^3). În același mediu, rezistența acoperirilor de nichel și nichel-crom este redusă.

(Articol intrat în redacție la 8 decembrie 1981)

Considerații privind controlul și refacerea protecției anticorosive a blindajului puțului forțat la centrala hidroelectrică Tismana după funcționarea de durată

Ing. P. Neagoe*

Asupra soluției constructive a puțului forța

Puțul forțat este uvrajul (obiectul) centralei hidroelectrice de mare cădere, amplasat pe traseul aducțiunii apei de la acumulare la centrala hidroelectrică, pe zona dintre casa vanelor și distribuitor, caracterizat prin pantă maximă de 90°.

Prin natura rolului ce-l îndeplinește în cadrul amenajării, puțul forțat a fost prevăzut blindat cu tole metalice, astfel încît să preia solicitările statice și dinamice produse de acțiunea apei asupra pereților, care se manifestă prin presiuni interioare (și exterioare) cu valoare variabilă, ajungînd pînă la $p_{max} = 25 kgf/cm^2$, și viteze de curgere ale apei de 10 m/s, ceea ce a implicat prevederea unor măsuri speciale constructive, de execuție, montaj și exploatare.

În vederea funcționării în condițiile arătate, puțul forțat este căptușit cu blindaje metalice roluite în virole, nervurate pe exterior și protejat anticorosiv la interior cu grunduri și vopsele aplicate, astfel încît să se asigure o durată de viață cît mai îndelungată a protecției aplicate și în acest fel o protecție împotriva coroziunii provocată de acțiunea apei, atît chimică cît și mecanică, asupra blindajului.

Blindajul metalic al puțului forțat de la Centrala hidroelectrică Tismana are forma unui tub metalic vertical cilindric, cu înălțimea de 176 m, diametrul de 3,5 m, racordat la partea superioară la vanele-fluture care au axa orizontală, iar la partea inferioară cu distribuitorul, al cărui ax este orizontal.

Racordul blindajului puțului cu vanele-fluture și distribuitorul este prevăzut a se realiza prin curbe la 90°, din segmenți, avînd razele de 10,5 m (sus) și, respectiv, 17,5 m (jos).

Această soluție constructivă a blindajului puțului forțat face ca după montarea blindajului în perioada de realizare a investiției (care se desfășoară în prezent) și racordarea lui l vana-fluture și distribuitor, practic *accesu în blindaj* nu se mai poate efectua decît pri demontarea fie a vanei-fluture de la parte superioară, fie a vanei sferice de la racordu distribuitorului spre turbină, care sînt prevă zute în soluția de ansamblări demontabil (șuruburi și piulițe).

Se observă că proiectul acestui uvraj nu avut în vedere posibilitatea controlului și reparațiilor protecției anticorosive ale interio rului blindajului, ce ar urma să se efectuez cu ajutorul unei instalații de ridicat pe pu realizată în conformitate cu normativul de partamental al M.E.E., PE 733/78, și care a permite realizarea controlului și eventual reparațiilor într-un interval de timp scurt astfel ca durata opririi centralei să fie cît ma mică.

Avînd în vedere necesitatea efectuării aces tui control periodic al stării de degradare protecției anticorosive, precum și a reparațiilo ce ar urma a fi efectuate după funcționarea d durată a centralei (impus de acte normativ ale M.E.E.), ar fi necesar ca încă în această fază la această amenajare (și în faza de proiectare - NC la alte amenajări) să se prevadă o instala ție de lucru în blindaj pentru controlul și re paratia protecției anticorosive fără demonta rea vanelor-fluture sau sferice (care este greoai și de lungă durată).

Acest deziderat s-ar putea realiza pentru CH Tismana, avînd în vedere existența galeriei d acces dintre blocul de montaj al centralei ș puțul forțat, în condițiile restudierii soluției con structive a blindajului și a părții de construc ție, astfel ca să se poată amplasa subansam blurile instalației de ridicat pe puț, așa cu sînt prezentate schematic în propunerea d instalație din figura 1.

Această restudiere se impune cu atît mai mu cu cît utilizarea pentru control și lucru în bli daj a instalațiilor de ridicat pe puț, folosite p durata realizării investiției, nu este posibil deoarece aceste instalații de ridicat au fo proiectate în condițiile închiderii blindajul spre vanele-fluture (pe unde se introduc veh culele în blindaj), după terminarea lucrăril de aplicare a protecției anticorosive pe zone ce s-au prevăzut a fi protejate în amplasame (circa 90% din suprafața inferioară a blind jului s-a protejat anticorosiv pe platforma e terioară de pe versant).

Apariția și realizarea galeriei de acces int blocul de montaj al centralei și blindajul p țului forțat, ca urmare a necesităților impu de lucrările de construcție, oferă o soluție f

*) Ing. Petre Neagoe este inginer proiectant III în cadrul Trustului Energomontaj.

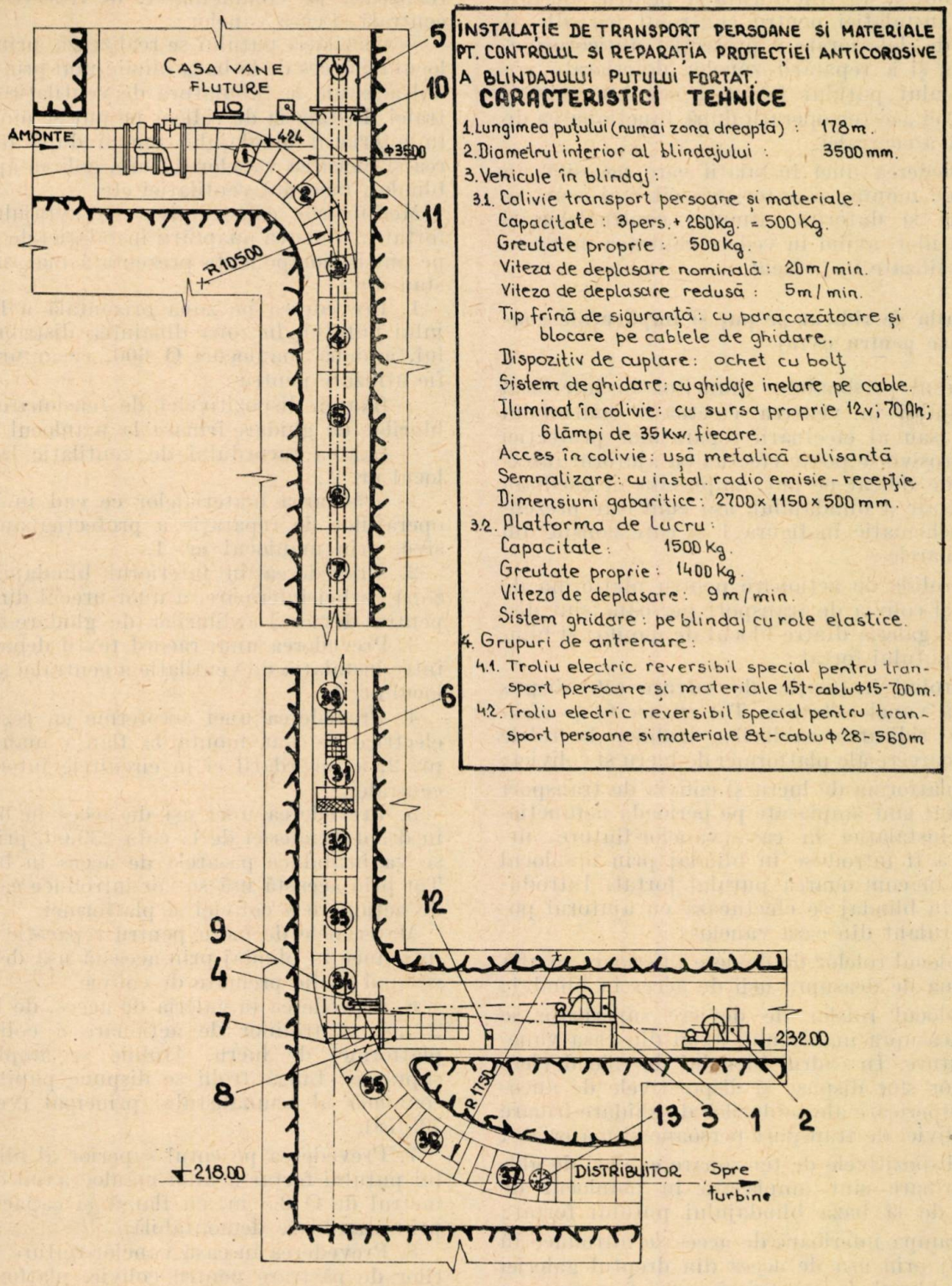


Fig. 1. Centrala hidroelectrică Tismana. Secțiune transversală prin puțul forțat, casa vanelor și distribuitor. Dispoziția schematică a subansamblurilor instalației de transport persoane și materiale pentru controlul și reparația protecției anticorosive.

1 — troliu electric 1,5 t ; *2* — troliu electric 8 t ; *3* — construcție metalică pentru susținere troliu ; *4* — grindă susținere role deviere ; *5* — grindă susținere role deviere și cabluri ghidare-frînare ; *6* — colivie de transport persoane și materiale ; *7* — elemente de prindere și tensionare cabluri de ghidare-frînare ; *8* — platformă de acostare pentru colivie ; *9* — instalație de semnalizare ; *10* — instalație de iluminat ; *11* — instalație de salvare ; *12* — instalație de comandă ; *13* — manloc de ventilație.

ricită, unică, la amenajările de la noi, care ar trebui să fie fructificată și pentru soluționarea instalației pentru controlul periodic al stării de deteriorare a protecției anticorosive, precum și a reparării zonelor deteriorate ale blindajului puțului forțat în cazul necesității execuției acestor operații după funcționarea de durată a centralei.

Prevederea unei instalații care necesită un timp de montaj și autorizare cît mai scurt se impune și datorită ritmului controalelor și reparațiilor, avînd în vedere calitatea materialelor utilizate în prezent.

Instalația de ridicat pe puț și implicațiile constructive pentru uvraj

Accesul personalului muncitor în interiorul blindajului în vederea efectuării controlului vizual sau al efectuării reparațiilor protecției anticorosive se poate efectua cu ajutorul instalației de ridicat pe puț, amplasată în imediata vecinătate a blindajului, așa cum este prezentată schematic în figura 1 și care constă din următoarele :

— troliile de acționare pentru platforma de lucru și colivia de transport persoane sînt dispuse în galeria dintre blocul de montaj și blindajul puțului forțat ;

— troliul instalației de salvare este dispus în casa vanelor-fluture. Tot cu acesta se efectuează ridicarea cablurilor troliilor la rolele de întoarcere ale platformei de lucru și coliviei ;

— platforma de lucru și colivia de transport persoane sînt amplasate pe perioada nefuncționării instalației în casa vanelor-fluture, urmînd a fi introduse în blindaj prin manlocul axial, în continuarea puțului forțat. Introducerea în blindaj se efectuează cu ajutorul podului rulant din casa vanelor ;

— blocul rolelor de deviere inferioare se află pe zona de deasupra ușii de acces în blindaj ;

— blocul rolelor de deviere superioare se află deasupra manlocului axial din casa vanelor-fluture. În cadrul blocului de role deviere superior sînt dispuse și dispozitivele de ancorare superioare ale cablurilor de ghidare-frînare ale coliviei de transport persoane și materiale ;

— dispozitivele de tensionare cabluri de ghidare-frînare sînt amplasate în manlocul de acces de la baza blindajului puțului forțat ;

— rampa inferioară de acces se introduce în blindaj prin ușa de acces din dreptul galeriei dintre blocul de montaj și puțul forțat ;

— instalația de iluminat pentru colivie este din sursă proprie, iar pentru platformă în alimentare din casa vanelor-fluture ;

— instalația de semnalizare are pupitrul central în zona troliilor, pe galeria de acces dintre bloc montaj și puț forțat ;

— instalația de limitatoare fine cursă se realizează pe conductoarele de rezervă dintre centrală și casa vanelor ;

— ventilația puțului se realizează prin manlocul de acces de la baza blindajului prin racordul acestuia la tubulatura de ventilație a centralei. Instalația de ridicat pe puț se montează în interiorul blindajului numai după închiderea și blocarea vanelor-fluture, golirea apei din blindaj, racordul ventilației etc.

Modificările constructive ale uvrajului pu forțat în vederea adaptării instalației de ridica pe puț în componența prezentată mai sus con stau din :

1. Prevederea pe zona orizontală a blinda jului puțului, în zona dinaintea distribuitoru lui, a două manlocuri Ø 600, ce ar urma s fie utilizate pentru :

— fixarea dispozitivelor de tensionare a ca blurilor de ghidare-frînare la manlocul nr. 1

— fixarea racordului de ventilație la man locul nr. 2 ;

— evacuarea materialelor ce cad în timpu operațiilor de reparație a protecției anticoro sive, prin manlocul nr. 1.

2. Prevederea în interiorul blindajului, î zona curbei inferioare, a unor urechi din tabl pentru devierea cablurilor de ghidare-frinar

3. Prevederea unui racord textil demontab între instalația de ventilație a centralei și man locul nr. 2.

4. Prevederea unei aeroterme cu rezistenț electrice ce s-ar monta la flanșa manloculu nr. 2, a racordării ei în circuitele interne a centralei.

5. Prevederea unei uși de acces în blinda în dreptul galeriei de la cota 232,00, prin ca se va introduce pasarela de acces în blinda Tot prin această ușă se vor introduce cabluri de acționare a coliviei și platformei.

Materialele de lucru pentru reparație se v introduce în blindaj prin această ușă de acce urmînd să fie preluate de colivie.

6. Prevederea în galeria de acces, de la co 232,00, a troliilor de acționare a coliviei platformei de lucru. Troliile se amplasea suprapus. Lîngă trolii se dispune pupitrul comandă al semnalistului principal (vezi P 733/78).

7. Prevederea pe cotul superior al blindaj lui puțului forțat a unui manloc axial cu di metrul de Ø 2,5 m, cu flanșă și capac fixa prin asamblare demontabilă.

8. Prevederea în casa vanelor-fluture a loc rilor de păstrare pentru colivie, platforma lucru, suportul rolelor de deviere și cabl de frînare, troliul instalației de salvare e

Componența instalației de ridicat pe pu precum și a dispunerii acesteia în legătură uvrajul pot fi optimizate, în condițiile existe ței modificărilor constructive ale uvrajul așa cum au fost prezentate.

Concluzii

Propunerea de instalație de ridicat pe puț pentru CHE Tismana s-a făcut din dorința de soluționare a problemei controlului stării protecției anticorosive a blindajului puțului forțat, după funcționarea de durată, în viitor, a centralei, ca urmare a apariției, față de proiectul inițial, a galeriei de legătură dintre blocul de montaj al centralei și puțul forțat.

Realizarea în această etapă a măsurilor ulterioare asupra uvrajului (manlocuri, ușă acces, manloc axial etc.) va conduce la realizarea unei instalații ce se va monta de fiecare dată cînd va fi necesar, într-un termen scurt, maximum o zi, va fi eficientă prin faptul că asigură pentru executanți un contact direct cu suprafața blindajului, în condiții de securitate a muncii, în conformitate cu normativele în vigoare.

Amenajările pe plan internațional care au adoptat sistemul de protecție anticorosivă a blindajului, ca măsură de menținere în funcțiune a acestuia pe o durată de timp cît mai mare, au prevăzute instalații de ridicat cuprinse în dotările centralelor (cu implicațiile pe care aceste instalații le au asupra uvrajelor) cu care se asigură controlul și reparația protecției anticorosive.

(Articol intrat în redacție la 13 ianuarie 1982)

Invenții-inovații*)

Programator logic cu înregistrare a unui ciclu avînd două sau mai multe puncte de comandă

– Cerere de brevet nr. 85 218
– Brevet R. S. România nr. 71 076
Autori: Ing. Alexandru Forje, prof. Ioan Drăghici, fiz. Vasile Stratulat, ing. Ioan Bogdan, Nicolae Savu, ing. Iulia Forje și ing. Radu Iovănaș
Titular: Universitatea Brașov

Prezenta invenție se referă la un programator logic cu înregistrare a unui ciclu avînd două sau mai multe puncte de comandă și constituie o perfecționare a invenției nr. 52 640.

Invenția principală se referă la un aparat pentru comanda automată a stațiilor de tratament termic, care folosește ca element de comandă un milivoltmetru înregistrator al ciclului termic, programul fiind trasat cu o soluție electroconductoare pe o bandă de hîrtie, la atingerea căreia de către acul indicator al milivoltmetrului este închis circuitul de comandă al unui releu electronic. Acest aparat prezintă dezavantajul unei precizii reduse în exploatare.

Programatorul logic conform invenției complementare înlătură dezavantajul de mai sus prin aceea că, în scopul supravegherii mai multor puncte de tratament termic cu inducție și rezistoare, utilizează un selector care conectează succesiv programatorul cu fiecare din punctele de control și pune în evidență orice avarie a unuia din punctele de lucru prin declanșarea unui sistem de avertizare, pentru comanda ciclului de lucru prestabilită, folosind un programator logic care programează cantitativ mărimile în funcție de coeficientul de eroare, mărimile fiind sesizate de mai multe traductoare și transmise selectorului în funcție de comanda dată de programator, fiind acționate două sau mai multe relee care determină realizarea ciclului asupra punctelor de lucru, conectîndu-le la rețeaua de alimentare.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figura, care reprezintă schema electrică de principiu a aparatului pentru comanda automată cu program.

Conform invenției, programatorul este prevăzut cu un selector cu unul, două sau mai multe puncte de control *1*, *2*, *3* sau *4* sau mai multe obiective *1*, *2*, *3* sau *4*, cu cîte un singur punct de control, care sînt supuse unui ciclu de programare unitar.

Un selector *5* de obiective cu program unitar are rolul de a conecta succesiv programatorul cu fiecare din obiectivele *1*, *2*, *3* sau *4*, de tratament. Selectorul *5* mai are rolul de a introduce în verificare toate elementele funcționale, atît de execuție cît și de control, punînd în evidență orice avarie

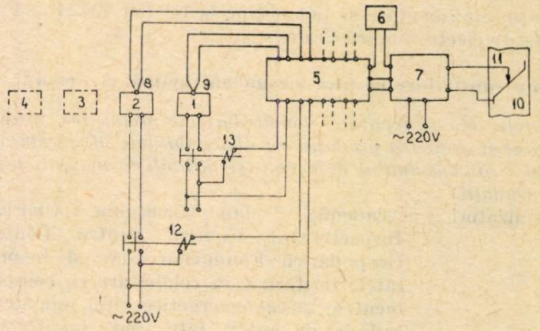


Fig. 1

a unuia din elementele respective. Astfel, în orice moment se va cunoaște starea întregului echipament, cea mai mică anomalie declanșînd un sistem de avertizare *6*.

Un programator logic cu înregistrare *7* comandă întregul ciclu prestabilit, programînd cantitativ mărimile funcție de coeficientul de eroare.

Două sau mai multe traductoare *8* sau *9* transmit mărimile sesizate de la obiectivul sau obiectivele *1*, *2*, *3* sau *4* supuse ciclului program la selectorul *5*.

Programatorul logic *7* determină înregistrarea mărimilor sesizate pe o bandă de înregistrare *10*, pe care un palpator *11* citește și interpretează ciclul program, determinînd prin închiderea sau deschiderea contactului cu diagrama-program *10* comanda a două sau mai multe relee, *12* și *13*, care determină realizarea ciclului asupra obiectivului sau obiectivelor *1*, *2*, *3* sau *4*, conectîndu-le la rețeaua de alimentare, la comanda programatorului *7*.

Sistemul de avertizare *13*, care este conectat la selectorul *5*, are rolul de a semnala avaria de orice natură pe cale acustică și punctul de avarie pe cale optică.

*) Rubrică alcătuită de ing. C. Văideanu – ICEMENERG.

Programatorul conform invenției prezintă următoarele avantaje:

— implică eliminarea personalului calificat de urmărire a proceselor asupra obiectivelor respective;

— se pot efectua concomitent mai multe operații utilizînd un singur aparat de programare și comandă;

— se mărește siguranța și precizia de urmărire și execuție a ciclurilor.

Programatorul se aplică la instalația de tratamente ter mice cu comandă program și încălzire prin rezistoare (breve R.S.R. nr. 52 640), care a fost asimilată la Întreprinderea d contactoare Buzău și se află, de asemenea, în producție d mică serie pentru necesitățile M.E.E., în atelierele de proto tipuri ale ICEMENERG — București.

Bibliografie

[1] x x x Brevet R.S.R. nr. 52 640.

Manifestări tehnico-științifice

Al II-lea Simpozion național de teoria sistemelor

Organizatori : CNIT-Secția Automatică, Comisia de teoria sistemelor, Comisia județeană Dolj a ingi nerilor și tehnicienilor, Universitatea din Craiova — Facultatea de electrotehnică Catedra de automatizări și calculatoare
Data : 4—5 iunie 1982
Locul : Craiova

Tematica simpozionului:

I. Teoria sistemelor.
II. Sisteme de conducere a proceselor industriale.
III. Structuri logice și cinematice ale roboților industriali.
IV. Sisteme de prelucrare și transmisie a informației.
V. Tehnici și sisteme de măsurare analogică și numerică.
VI. Sisteme de calcul, programe de bază și programe de aplicații.

Relații suplimentare se pot obține la telefon 45724 — Facultatea de electrotehnică Craiova.

Prima consfătuire pe țară mecanoenergetică, cu tema:

„Întreținerea și repararea fondurilor fixe productive cu costuri minime și creșterea gradului de disponibilitate al acestora; Reducerea consumului de energie și utilități la mașini, utilaje și instalații"

Organizatori : Academia Ștefan Gheorghiu — CEPECA, Inspectoratul General pentru Controlul Gospodăririi Fondurilor Fixe și Inspectoratele teritoriale în colaborare cu compartimentele mecanoenergetice din ministere și cadrele de specialitate din învățămîntul superior
Data : 15—18 iunie 1982
Locul : Sediul CEPECA, București-Otopeni, str. Odăii 20, sector 1

Relații suplimentare le puteți obține de la tov. dr. ing. Iulian Ceaușu — Catedra de organizare CEPECA.

Primul seminar național de energia vîntului

Organizatori : Laboratorul de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului Universitatea din Brașov
Data : 7—9 octombrie 1982
Locul : Brașov

Lucrările seminarului vor fi axate pe următoarele teme:

— Modelarea matematică a fenomenelor aerodinamice specifice turbinelor de vînt (profil izolat, rețea de profile).
— Cercetări pentru realizarea unor profile aerodinamice cu caracteristici deosebite pentru turbinele de vînt.
— Metode de testare a parametrilor (turație, putere etc.)
— Aparatură de comandă și control a turbinelor eoliene.
— Cercetări pentru determinarea amplasamentului optim turbinelor din punct de vedere al potențialului energetic
— Scheme de conversie a energiei vîntului (producere, sto care, utilizare).
— Cercetări pentru găsirea unor soluții de reglaj și protecț în situații excepționale (vînt puternic, zăpadă, gheață etc.
— Soluții noi pentru captarea energiei vîntului.

Informații suplimentare se pot obține de la Universitatea d Brașov, Laboratorul de cercetare pentru utilizarea energi vîntului, telefon 12693, 17558.

Simpozion național privind noi surse de energie neconve țională

Organizator : Institutul politehnic Iași
Data : 8—9 octombrie 1982
Locul : Iași

Lucrările simpozionului se vor desfășura pe următoare tematică:

1. Radiația solară.
2. Conversia fotovoltaică și termoelectrică.
3. Fotoelectroliza și producerea hidrogenului.
4. Conversia termică.
5. Arhitectura solară.
6. Valorificarea resurselor secundare de energie.
7. Energia eoliană, energia valurilor și energia umană.
8. Energia geotermică.
9. Biogazul.
10. Folosirea energiei neconvenționale în construcții.
11. Recuperarea energiei rezultate din arderea deșeurilor.
12. Domenii anexe.

Informații se pot obține la telefon 981-40601, Institut politehnic Iași.

Cea de-a III-a Conferință pe țară a specialiștilor din domeni frecării, ungerii și uzării, Tribotehnica 1982

Organizatori : CNIT-Comisia de tribologie, Comisia de tribologie a județului Prahov IPB, Institutul de petrol și gaze Ploie
Data : 22—23 octombrie 1982
Locul : Ploiești

Consfătuirea va avea ca temă extinderea aplicațiilor cer tărilor în diferite ramuri de activitate ale economiei națion în ceea ce privește ridicarea calității și fiabilității mașini și instalațiilor, obținerea de economii de energie, materia piese de schimb și lubrifianți, în concordanță cu sarcin stabilite de Congresul al XII-lea al P.C.R.

Secțiile conferinței vor fi stabilite pe baza lucrărilor ce vor prezenta.

Pentru relații suplimentare: IPG Ploiești, telefon 422 42916 sau 42451 și 42168, int. 130 (prefix 971), IPB-Comi de tribologie, telefon 372055 și 314010 int. 411, 409.

*) Rubrică alcătuită de COPIM — ICEMENERG.

Cea de-a VI-a sesiune de comunicări tehnico-științifice, cu tema :
„Metode moderne în concepția și realizarea hidroagregatelor — microhidroagregate"
Organizatori : MICM-CIUEMMR
CCSITEH Reșița
Data : Ultima perioadă a lunii octombrie 1982
Locul : Reșița
Relații suplimentare se pot obține de la CCSITEH-Laboratorul de mașini hidraulice, Calea Caransebeșului nr. 16, 1700 Reșița, jud. Caraș-Severin.

A V-a sesiune de comunicări tehnico-științifice în domeniul producerii, transportului, distribuției și utilizării raționale a energiei
Organizator : IRE Suceava sub egida Comisiei județene de organizare și coordonare a acțiunii de creație științifică și tehnică
Data : octombrie 1982
Locul : Suceava
Secțiile sesiunii :
1. Economisirea combustibililor și energiei în procesul de producere, transport, distribuție și utilizare a acesteia. Surse convenționale și neconvenționale de energie.
2. Instalații electrice de automatizare, protecție și control în rețelele sistemelor energetice. Conducerea și siguranța exploatării sistemelor energetice.
3. Comportarea în exploatare a echipamentelor și materialelor electroenergetice. Noi soluții constructive și de proiectare a rețelelor electrice.

Informații se pot obține de la IRE Suceava, ing. R. Sfichi sau ing. I. Prelipcean — telefon 21698/164

A XVI-a conferință de instalații, cu tema :
„Creșterea eficienței noilor surse de energie"
Organizatori : CNIT — Secția construcții — Comisia de instalații
ICCPDC
Data : Trim. IV 1982
Principalele aspecte care vor fi analizate sînt cele legate de :
— Utilizarea energiei solare, geotermale, eoliene și biogazului.
— Recuperarea căldurii din resurse energetice secundare din industrie (ape tehnologice, gaze de ardere, aer evacuat etc.).
— Recuperarea căldurii din instalațiile de ventilare și climatizare.
— Utilizarea combustibililor inferiori (centrale termice, gospodării de combustibil etc.).
— Echipamente noi de instalații.
— Comportarea în exploatare a instalațiilor cu surse neconvenționale și centrale termice cu combustibili inferiori.
— Metode de calcul pentru reducerea consumului de energie.
— Reglarea și automatizarea instalațiilor.
— Surse de lumină și corpuri de iluminat.
— Soluții de reducere a consumului de energie în instalațiile electrice de lumină și forță.
Informații suplimentare se pot obține de la ICCP DC, Bd. Ilie Pintilie nr. 3—5, telefon 14.82.57.

Recenzii

Ir. G. IONESCU și A. BACIU. **Rețele electrice de distribuție**. Editura tehnică, București, 1981, 448 p.

Literatura din țara noastră privind domeniul rețelelor electrice s-a îmbogățit mult în ultimii ani atît cu manuale universitare, cît și cu monografii care se adresează personalului tehnico-inginăresc angrenat în activitățile de cercetare, proiectare, construcții-montaj și exploatare a sistemului electroenergetic. Acest fapt este o consecință firească a dezvoltării intense, atît pe plan mondial cît și în țara noastră, a rețelelor electrice, căror pondere continuă să crească în ansamblul instalațiilor electroenergetice, precum și a exigențelor mereu crescînde ce se impun acestor instalații și care au determinat necesitatea reconsiderării structurilor și caracteristicilor lor.

Esențiale pentru etapa actuală de dezvoltare a sistemului energetic național din țara noastră sînt problemele referitoare la economia de energie, corelate cu cele de siguranță în continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorilor, înscrise în perspectiva realizării independenței energetice a statului.

În contextul acestor cerințe se înscrie și lucrarea pe care o recenzăm și care tratează problemele proiectării, construcției și exploatării rețelelor electrice de distribuție (cu tensiunea de 1—110 kV). Cerințele la care ne-am referit implică necesitatea ca rețelele electrice de distribuție să fie concepute, realizate și exploatate astfel încît să îndeplinească condiții optime sub aspectul economic, al creșterii gradului de siguranță în alimentarea consumatorilor, micșorării duratei de realizare a lucrărilor, cît și al unor investiții cu cheltuieli de exploatare cît mai reduse.

Lucrarea este structurată pe șapte capitole, a căror succesiune reflectă fazele de concepere, proiectare, realizare și exploatare a rețelelor electrice de distribuție.

Astfel, capitolul 1 cuprinde nivelul și structura consumului de energie electrică, la care trebuie să facă față rețelele electrice de distribuție.

În cadrul acestui capitol, în afara metodelor clasice de predeterminare a consumului de energie electrică pentru diverse categorii de consumatori, sînt prezentate și metode relativ noi, mai puțin întîlnite în alte monografii de specialitate, cum ar fi determinarea sarcinii de calcul a rețelelor electrice de distribuție prin metode statistice, metoda regresiilor multiple, precum și metoda determinării globale a sarcinilor de calcul pentru o zonă dată.

Capitolul 2 al cărții se ocupă de analiza structurilor și caracteristicilor rețelelor electrice de distribuție, insistîndu-se asupra soluțiilor noi, care prezintă avantaje tehnico-economice. Totodată, în cadrul capitolului, se analizează tendințele actuale pe plan mondial, în dezvoltarea rețelelor electrice de distribuție sub aspectul diferitelor configurații, vizînd optimul economic de funcționalitate al acestora.

Capitolul 3 al lucrării este rezervat metodelor de calcul și dimensionare a rețelelor electrice de distribuție de diverse configurații, prezentîndu-se unele algoritme și metode de calcul mai speciale. În cadrul acestui capitol sînt tratate și metodele de analiză a regimurilor de funcționare a rețelelor electrice de distribuție, cu evidențierea defectelor de structură ale unei rețele, metodă bazată pe echivalenții de sistem, de tip REI-DIMO. Calculul siguranței în funcționare a rețelelor electrice de distribuție formează obiectul ultimului subcapitol (3.4) al capitolului 3 din carte.

Problemele consumurilor proprii tehnologice în rețelele electrice, precum și măsurile de reducere a acestora sînt abordate în cadrul capitolului 4 al cărții. Notabilă, în cadrul acestui capitol este tratarea normării consumului tehnologic de energie în rețelele electrice, problemă care nu se găsește în alte monografii. Util ar fi fost, credem, ca în cadrul problemelor privind compensarea puterii reactive în rețelele electrice de distribuție să se fi tratat și problema diminuării efectelor regimului deformant, știut fiind că, de regulă, fenomenele reactive și deformante apar concomitent. Problema este cu atît mai importantă cu cît, în ultimul timp, implicațiile electronicii de putere în consumul industrial de energie electrică reclamă măsuri severe de diminuare a efectelor armonicilor superioare de curent și tensiune.

Capitolul 5 al lucrării este rezervat tratării neutrului în rețelele electrice de

distribuție. În cadrul acestui capitol sînt prezentate diferite soluții de tratare a neutrului, în corelație cu influența acestora asupra siguranței în funcționarea instalațiilor.

Capitolul 6 cuprinde influențele reciproce dintre rețelele electrice și mediul înconjurător, în legătură cu calculul și măsurile necesar a fi adoptate în scopul evitării influențelor negative asupra instalațiilor de telecomunicații, protecția rețelelor de distribuție la supratensiuni, măsuri pentru protejarea pădurilor și terenurilor agricole, precum și pentru evitarea avariilor extinse de sistem.

Considerăm că acest capitol, foarte important din punct de vedere practic, și care, în general, nu se găsește inclus în monografiile de specialitate, ar fi trebuit să cuprindă nu numai o tratare din punct de vedere descriptiv, dar și, mai ales, sub aspectul formalizării matematice. Așa, de exemplu, influențele liniilor electrice asupra liniilor de telecomunicații, protecția rețelelor electrice la supratensiuni atmosferice, ca și alte aspecte privind impactul rețelelor electrice de distribuție cu mediul înconjurător se pretează la o riguroasă cuantificare în legătură cu concepția și proiectarea acestor rețele.

Util ar fi fost ca în cadrul problematicii abordate în acest capitol să se mai fi tratat: problema poluării izolației LEA, încrucișări ale liniilor electrice cu liniile de cale ferată, coexistența LEA cu instalațiile de irigații, aeroporturi, traversări ale zonelor locuite etc.

În sfîrșit, ultimul capitol al lucrării, capitolul 7, se ocupă de exploatarea, întreținerea și repararea rețelelor electrice de distribuție. În cadrul capitolului sînt prezentate problemele actuale ale conducerii operative prin dispecer a rețelelor electrice de distribuție, telemecanica instalațiilor și metodele utilizate pentru întreținerea și repararea sub tensiune a liniilor electrice de distribuție.

Evident, și problemele acestui ultim capitol sînt foarte importante din punct de vedere practic.

Este de apreciat faptul că, în cadrul acestui capitol, se prezintă tendințele ce se manifestă pe plan mondial în legătură cu conducerea operativă a rețelelor electrice.

Avem în vedere, în primul rînd, promovarea calculatoarelor de proces în telemecanizarea rețelelor electrice de distribuție în scopul optimizării funcțiunilor de dispecer și coordonator de manevră, soluție în curs de aplicare și în țara noastră.

Trecerea sumară în revistă a conținutului acestei lucrări pune în evidență faptul că aceasta tratează o gamă largă de aspecte legate de concepția, proiectarea, execuția și exploatarea rețelelor electrice de distribuție. Lipsesc însă total sau aproape total problemele privind calculul și verificarea rețelelor electrice la acțiunea curenților de scurtcircuit, problemele părții mecanice ale acestor rețele, precum și referirile necesare la problemele de electrosecuritate. Fără îndoială însă că, aceste aspecte găsindu-se pe larg tratate în alte monografii, lipsa lor nu diminuează valoarea științifică a cărții la care ne referim. Lecturarea acestei cărți scoate în evidență calități remarcabile în legătură cu expunerea clară a materialului prezentat, aceasta dovedind grija autorilor pentru înlesnirea înțelegerii ușoare a lucrării de către o gamă largă de cititori interesați în problemele rețelelor electrice de distribuție.

Prin conținutul, forma și nivelul ei, lucrarea credem că va avea o largă audiență în rîndul specialiștilor de diverse preocupări în sistemul electroenergetic, prezentînd interes atît pentru inginerul cercetător, proiectant sau de exploatare, cît și pentru studenți sau elevi la cursurile de maiștri.

Este necesar să menționăm și faptul că, pentru elaborarea acestei lucrări, autorii au consultat o bogată literatură de specialitate, fiecare capitol (din carte) conținînd bibliografia respectivă, trimiterile la lucrările de specialitate incluse în bibliografie, pentru aprofundarea anumitor aspecte, fiind de o mare utilitate pentru cititor.

În sfîrșit remarcăm și aportul original, inedit al autorilor la conținutul lucrării, aport bazat pe lunga activitate a acestora în domeniul cercetării și, respectiv, exploatării sistemului electroenergetic românesc, ceea ce conferă cărții o notă în plus în legătură cu contribuția la îmbogățirea literaturii de specialitate din țara noastră.

Ing. **Romulus Sfichi**

N. LEONĂCHESCU. **Transferul căldurii între construcții și sol.** Editura tehnică, București, 1982, 241 p.

Lucrarea dr. ing. N. Leonăchescu, profesor la Catedra de termotehnică a Institutului de construcții din București, reprezintă sinteza preocupărilor sale de peste două decenii în domeniul transferului de căldură între construcții și sol.

Elaborată într-un stil unitar, concis și de ridicat nivel științific, lucrarea are la bază contribuții originale la rezolvarea matematică și analogică a numeroaselor probleme legate de propagarea căldurii prin sol.

În contextul actual al crizei energiei și al coordonatelor strategice ale politicii energetice elaborate de partidul și statul nostru, lucrarea umple un gol existent în literatura noastră tehnică din acest domeniu. Problemele complexe, moderne, legate de utilizarea pompelor din căldură sol-aer, construcția metroului bucureștean, acumularea energiei solare în sol, consolidarea terenurilor slabe prin congelare, conservarea energiei și economia de energie prin noi structuri izolatoare termic optime ș.a. nu pot fi rezolvate fără o temeinică cunoaștere a mecanismului fizic și a metodelor de calcul pentru transferul de căldură între construcție sau instalație și sol.

Lucrarea conține nouă capitole și numeroase date practice, nomograme și anexe, care finalizează metodele de abordare teoretică și experimentală, în scopul utilizării lor de către proiectant.

Este însoțită de o bogată bibliografie (104 titluri), din care peste 30 de titluri aparțin autorului.

În capitolul 1 se introduc noțiunile generale, ipotezele de studiu și se clasifică metodologic categoriile de construcții aflate în contact total sau parțial cu solul.

Capitolul 2 se referă la metoda analogiei electrotermo-hidrodinamice, folosită de autor pentru elaborarea modelului analogic cu care și-a verificat soluțiile matematice, obținînd hărți de izoterme și curbe izoflux pentru toate categoriile de construcții precizate.

Metoda analogiei, avînd promotori pe Langmuir, McAdams și Meickle, iar mai apoi pe Bruckmayer, Komossa, Beuken și Liebmann, s-a dovedit extrem de fructuoasă în rezolvarea a numeroase probleme de transfer de căldură sau masă în regim staționar sau nestaționar.

Cercetările lui Veron, Vernotte și Vidal au făcut școală în Franța, referindu-se, în principal, la cîteva cazuri particulare de construcții sau instalații în contact cu solul.

Rezultatele prezentate de prof. N. Leonăchescu în lucrare completează și extind metoda la toate categoriile de construcții aflate în acțiune energetică cu solul.

Capitolul 3 prezintă modele matematice originale, referitoare la construcții cu pardoseala la nivelul solului. În capitolul 4 se extind aceste modele la construcții parțial îngropate. Permanent, soluțiile sînt verificate pe cale analogică.

Capitolul 5 include considerații teoretice și practice referitoare la construcțiile total îngropate, de tipul canalelor clădirilor, depozitelor și conductelor. În capitolul 6 se tratează perturbările termice locale în diverse cazuri, se stabilește profilul optim al izolațiilor termice și se prezintă numeroase nomograme de calcul.

În capitolul 7 se tratează într-un mod original problema interferenței fenomenelor de transfer de căldură prin sol soluțiile obținute fiind verificate experimental, pe modelul analogic. De remarcat introducerea asimetriei geometrice și termice, caracteristică fenomenelor reale de transfer.

În capitolul 8 se prezintă modele matematice pentru construcții amplasate în terenuri denivelate sau pe soluri cu pînză freatică ridicată, precum și verificarea soluțiilor pe cale analogică.

Capitolul 9 include date practice referitoare la proprietățile termofizice ale solului, variația temperaturii în sol pentru condițiile climei din România arătîndu-se importanța cunoașterii temperaturii pînzei freatice.

Fiecare capitol este însoțit de exemple numerice de calcul, care familiarizează cititorul cu utilizarea formulelor, nomogramelor și anexelor în proiectarea sa verificarea curentă.

Prin conținutul său inedit, multitudinea și complexitatea problemelor prezentate, contribuțiile sale originale recomandăm lucrarea inginerilor proiectanți, cercetătorilor, doctoranzilor studenților de la institutele de profil care se ocupă de transferul căldurii în general și de termotehnică construcțiilor în particular.

Conf. dr. ing. **C. Mihăi**

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.3.016.4.003.1

М. В. Стойка: **Критерии по улучшению сбережения энергии в процессах циклической конверсии**

Показывая, что циклы конверсии энергии могут быть улучшены со двух точек зрения — с точки зрения конверсии при максимальной мощности, а также с точки зрения конверсии достигающей максимального количества энергии — попробкется найти цикл, обеспечивающий оба критерии, следовательно, вытекающий из решения двукритерийного вопроса. Двукритерийный анализ этих циклов конверсии энергии может вести к переоценке способа использования новых запасов первичной энергии. В результате улучшения циклов могут быть достигуты значительные количества первичной энергии или перераспределение запасов по различным категориям потребителей.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 253–254

ДК 662.64/66

Е. Татман-Сэндулеску и *Кр. Тотоло:* **Изучение размолоспособности углей из бассейна Северной Олтении и влияние её изменения на лучшие результаты работы мельницы-вентилятора**

Работа предлагает показать две аспекты вопроса изучения размолоспособности углей низкого качества из бассейнов Ровинари, Мотру, Жилц, а именно: изменение коэффициента размолоспособности и влияние изменения этого коэффициента на лучшие результаты работы мельницы-вентилятора.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 255–260

ДК 621.311 : 621–833

Л. Лупу: **Показатели неиспользованной мощности агрегатов в электростанциях**

С целью составления перспективных, а также планирующих этюдов по вопросу развития и работы электроэнергетической системы является необходимым вести ясный, единый и постоянный учёт поведения агрегатов в эксплуатации. В этом контексте, в статье представлены определение и способ расчёта показателей неиспользованной мощности агрегатов в электростанциях. Показ определения и способа расчёта осуществился для ряда понятий по специализированной литературе — остальные вопросы являются предложениями автора, с целью использования всего материала в проектировании и в эксплуатации электроэнергетических систем, ввиду определения оптимального уровня установленной мощности и структуры электростанций, а также ввиду предвидения способа действия агрегатов, распределения нагрузки в электростанциях, для планирования текущих осмотров и ремонтов, для обеспечения запчастей, топлива, и.т.д.

Energetica, 30 (1982), № 6, стр. 260–265

ДК 621.311 : 621.3.019.3

Л. Попеску, Д. Ликсандрою, А. Форже: **Выборочная проверка надёжности поправимых энергетических систем, через сравнение себестоимости запасных частей**

Имея в виду, что от способа обеспечения необходимого количества запчастей, а также от их себестоимости зависит коэффициент использования данного промышленного изделия заказчиком, и в конечном итоге зависит надёжность вложения, материализованного закупкой даннго контрактованного изделия — вытекает, что себестоимость запчастей может представлять собой единицой измерения качества вышеупомянутого изделия, и следовательно, себестоимость является синтетическим указателем качества и надёжности работы энергетических систем. Выборочная проверка надёжности работы поправимых энергетических систем, путём сравнения себестоимостей запчастей — является возможным в условиях когда в качестве переменной принимается обратная величина себестоимости, факт позволяющий определение параметров распределения, типа Weibull и для неполных испытаний.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 266–270

ДК 621.315.1.001.1

Р. Бэнчилэ, Д. Матееску, И. Аппелтауер: **Вопрос о стабильности столбов предусмотренных угольником с полупериодной поддержкой для металлических опор воздушных ЛЕП**

Столбы, укреплены узлами, полупериодически расположенными на обоих крылях столба — являются конструктивным решением, широко используемым для металлических опор воздушных ЛЭП. В расчётных наставлениях разных стран обеспечение поведения при изгибе производится принятием такой длины изгиба, на которую влияют коэффициенты обжатия или расширения обьёма, соотнесённые с допущенными на продольный изгиб сопротивлениями. В статье впервые представляется краткий обзор соответствующих предвидений из наставлений разных стран, а также теоретических решений технической литературы. Потом даны показ и толкование результатов собственных исследований, проведенных в лаборатории Строительного факультета из города ТИМИШОАРА. Выводы статьи являются очень полезными в практике проектирования, подчёркиваясь возможность использования более повышенных сопротивлений на продольный изгиб, следовательно достижение уменьшения расходов металла.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 271–276

ДК 621.643 : 537.212

К. Брэтиану: **Определение температурного поля стен тепловых проводов**

Описывается модель определения температурного поля стен тепловых проводов, на основе метода конечных элементов. На основе описанной модели с конечными элементами, автор составил расчётную программу, написанную условным языком ФОРТРАНА — программу гибкой и модульной структуры, будучи хорошо приспособленной к дальнейшему развитию.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 277–281

ДК 621.316.319 : 620.193

Р. Андоне и *др.:* **Мероприятия по антикоррозийной защите электрической аппаратуры, эксплуатируемой в зонах химически загрязнённых**

Показан ряд испытаний, проведенных ввиду выбора защитных систем, способных применяться к электрической аппаратуре, эксплуатируемой в электростанции, расположенной в химическом комбинате, в атмосфере загрязнённой хлором, соляной кислотой, сернистым водородом, порошком карбоната калия и натрия, комбинированными влажностью — в реальных условиях эксплуатации, а также в ускорённых лабораторных условиях. Из проверенных защитных систем — металлизации, гальванической защиты, окраски, металлизации и окраски — были выбраны хорошо действующие системы, а именно: металлические и плёночные покрытия, рекомендованные для промышленного применения.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. 282–285

ДК 621.311.21 : 620.193

П. Нягое: **Некоторые соображения по вопросу контроля и возобновления антикоррозийной защиты кожуха турбчатого колодца ГЭС Тисмана после длительной эксплуатации станции**

Статья предлагает решения по вопросу контроля антикоррозийной защиты кожуха трубчатого колодца после длительной эксплуатации станции, вследствие возникновения сравнительно с начальным проектом — соединительного штрека между монтажным блоком станции и трубчатым колодцом.

Energetica 30 (1982), № 6, стр. : 86—289

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3.016.4.003.1

N. V. Stoica : **Kriterien zur Optimierung der Energieersparung in den zyklischen Umwandlungsverfahren**

Da die Energieumwandlungskreisläufe aus zwei Gesichtspunkten optimiert werden können, u.zw. : der Umwandlung mit Höchstleistung und der Umwandlung zum Erhalten der grössten Energiemenge, versucht man einen Kreislauf zu finden, in dem beide Kriterien optimiert werden, also ein aus der Lösung eines bikriterialen Problems resultierten Kreislauf. Die bikriteriale Lösung dieser Energieumwandlungskreisläufe kann zu einer Wiederbetrachtung der Anwendungsart von primären Energiequellen führen. Durch die Kreislaufoptimierung werden wichtige Primärenergieersparnisse erzielt oder eine Wiederaufteilung der Quellen für die verschiedenen Anwenderkathegorien.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 253—254

DK 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu und *Cr. Tofolo* : **Das Studium der Mahlbarkeit der Kohlearten aus dem Kohlgebiet Oltenia Nord und ihr Einfluss auf die Leistung der Ventilatormühlen**

Der Bericht zeigt zwei Aspekte der Mahlbarkeit der minderwertigen Kohlearten aus dem Kohlgebiet Rovinari, Motru, Jilț u. zw. : die Schwankung des Mahlbarkeitskoeffizientes und der Einfluss der Schwankung diese Koeffizientes auf die Leistung der Ventilatormühlen.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 255—260

DK 621.311 : 621—833

L. Lup : **Verfügbarkeitskennziffer für die Anlagen der Elektroenergiekraftwerken**

Um die Zukunfts- und Planungsstudien der Entwicklung und des Betriebes eines Elektroenergiesystems aufstellen zu können, muss eine klare, einheitliche und kontinuierliche Übersicht des Betriebsverhaltens der Anlagen gehalten werden. In diesem Zusammenhang, werden im Bericht die Definition und die Berechnungsart der Verfügbarkeitskennziffer für die Anlagen der Elektroenergiekraftwerken gegeben. Die Definitionen und die Berechnungsart werden für einen Teil der Begriffe aus den Literaturangaben zum Thema herausgefunden und der Rest sind Vorschläge des Verfassers, so dass der ganze Stoff sich zu einem einheitlichen Ganzen zur Projektierung und zum Betrieb der Elektroenergiesystemen herausbildet, als Hilfe zur Festlegung des optimalen Niveaus der installierten Leistung und der Kraftwerksstruktur, sowie zur Vorhersage der Betriebsweise der Anlagen, zur Verteilung der Last auf verschiedenen Kraftwerken, zur Programmierung der Revisionen und Reparaturen, zur Versorgung mit Ersatzteilen, mit Brennstoff usw.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 260—265

DK 621.311 : 621.3.019.3

I. Popescu, D. Lixăndroiu, A. Forje : **Die Sequentialprüfung der Betriebssicherheit von durch den Kostenpreis der Ersatzteile reparierbaren Elektroenergiesystemen**

Von der Tatsache ausgehend, dass von der Kenntnis der Zuführungsart der nötigen Ersatzteilen und ihres Kostenpreises die Verfügbarkeitskennziffer des Erzeugnisses beim Endabnehmer und letzten Endes die durch den Verkauf der Erzeugnisses sich auszeichnende Wirksamkeit der Investition abhängen werden, ergibt es sich, dass der Kostenpreis der Ersatzteile ein Mass der Qualität des Erzeugnisses ist und als solcher kann der Kostenpreis als synthetischer Anzeiger der Qualität und Betriebssicherheit der Elektroenergiesystemen betrachtet werden. Die Sequentialprüfung der Betriebssicherheit von durch den Kostenpreis der Ersatzteil reparierbaren Elektroenergiesystemen ist also möglich, wenn als Variable das Umgekehrte des Kostenpreises genommen wird um somit die Parameter der Verteilung von Weibul bestimmen zu können und für inkomplette Versuche.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 266—270

DK 621.315.1.001.1

R. Băncilă, D. Maleescu, I. Appellauer : **Über die Stabiltä der aus Winkelstücken bestehenden Pfosten abwechselnde Anlehnung bei den Metallpfosten der Hochspannungsfreilei tungen**

Bei den Hochspannungsfreileitungen werden durch abwechselnd mit auf den beiden Flügeln angeordneten Knote verstärkte Pfosten verwendet, welche eine breit angewandt bautechnische Lösung bei den Pfosten der Hochspannungsfreileitungen ist. Das Einknickverhalten wird in den verschiedenen Ländern gemäss rechnerischen Vorschriften bestimmt, u.zw. durch Bestimmen der Einknicklänge, welch ihrerseits von Herabsetzungskennziffern und den zulässige Einknickwiderständen beeinflusst wird. Der Bericht enthä eine Aufzählung der Bestimmungen für verschiedene Lä der und die theoretischen Lösungen aus den Literatura gaben. Danach werden die Ergebnisse der eigenen im Lab der Hochschule für Bauwesen aus Timișoara durchgeführt Prüfungen aufgezählt und interpretiert. Die Schlussfolgerung des Berichts haben eine grosse praktische Anwendbarkeit der Projektierung, da grössere Einknickwiderstandswerte z wichtigen Metallersparnissen führen.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 271—276

DK 621.643 : 537.212

C. Brătianu : **Bestimmen der Temperaturfelder in den Wä merohrwänden**

Es wird ein Bestimmungsmodell des Temperaturfeldes den Wärmerohrwänden durch die Methode der finiten El menten angegeben. Anhand des beschriebenen Modells n finiten Elementen hat der Verfasser ein Rechenprogram in FORTRAN geschrieben, ein mit einer modularen flexibl Struktur für weitere Entwicklungen bereitstehendes Pr gramm.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 277—281

DK 621.316.319 : 620.193

R. Andone u.a. : **Korrosionsschutzmassnahmen der in chemisch stark aggressiven Umweltbedingungen arbeitenden elektr schen Geräte**

Es wird ein Teil der Versuche aufgezählt um Schutzsyste auszuwählen für elektrische Anlagen, die in der Umgebu eines Kraftwerkes eines chemischen Kombinats aufgeba werden ; die feuchte Luft ist mit Chlor, HCl, H_2S, Na- u K-Karbonat-Staub beladen ; die Versuche wurden in si sowie beschleunigt im Labor durchgeführt. Von den studi ten Schutzsystemen : Metallisierung, galvanische Schut methoden, Farbschicht, Metallisierung und Farbschicht, wu den jene mit dem besten Verhalten ausgewählt, u.zw. : m tallische und Schicht-Bedeckungen, welche auch für ind strielle Anwendungen vorgeschrieben werden.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 282—285

DK 621.311.21 : 620.193

P. Neagoe : **Betrachtungen über die Kontrolle und die Auffrischung des Korrosionsschutzes de Schachtpanzerung des Wasserkraftwerkes Tismana nach dessen Dauerbetrieb**

Der Bericht enthält Vorschläge von Lösungen für die Kontrolle des Korrosionsschutzzustandes der Schachpanzerung nach dem Dauerbetrieb des Kraftwerke, als Folge des Baues des Verbindungsschachtes zwischen dem Montageblock des Kraftwerkes und dem gezwungenen Schacht.

Energetica 30 (1982), H. 6, S. 286–289

SOMMAIRE

CD 621.3.016.4.003.1 285–288

M. V. Stoica : **Critères pour optimiser l'économie d'énergie dans les processus de conversion cyclique**

En montrant que les cycles de conversion de l'énergie peuvent être optimisés d'après deux points de vue : celui de la conversion à puissance maximum et la conversion qui obtient une quantité maximum d'énergie, l'auteur essaie de trouver un cycle capable d'optimiser les deux critères, c'est-à-dire un cycle qui peut résulter par la solution d'un problème bicritériel. L'analyse bicritérielle de ces cycles de conversion peut mener à une réconsidération du mode d'utilisation de quelques ressources d'énergie primaire. A la suite de l'optimisation des cycles, on peut obtenir d'importantes économies d'énergie primaire ou une rédistribution des ressources selon les différentes catégories d'utilisateurs.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 253–254

CD 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu et *Cr. Tololo* : **Etude du broyage des charbons du bassin Oltenia-Nord et leur influence sur les performances des moulins-ventilateurs**

L'article présente deux aspects concernant l'etude du broyage des charbons inférieurs du bassin Rovinari, Motru, Jilts : la variation du coefficient de broyage et l'influence que ce-ci a sur les performances du moulin-ventilateur.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 255–260

D 621.311 : 621–833

. *Lup* : **Les indices de disponibilité pour les agrégats de centrales électriques**

En vue d'effectuer les études de perspectives, ainsi que ceux e planification concernant le développement et le fonctionement du système électroénergétique, il est nécessaire d'aoir une évidence unitaire et continuellement du comporement des agrégats. Dans ce but, l'article présente la définion et le mode d'évaluation des indices de disponibilité pour s agrégats des centrales électriques. La présentation des éfinitions et du mode de calcul est faite, pour une part des otions, d'après la littérature technique, d'autres notions ant proposées par l'auteur, de sorte que le matériel en toalité soit utilisé dans l'établissement des projets et dans exploitation des systèmes électroénergétiques, afin d'étalir le niveau optimum de la puissance installée et la structure s centrales électriques, ainsi que pour prévoir le mode de nctionnement des agrégats, la répartition de la charge aux ntrales, la programmation des révisions et réparations, approvisionnement en pièces de rechange et combustible etc.

nergetica 30 (1982), no. 6, p. 260–265

D 621.311 : 621.3.019.3

Popescu, D. Lixăndroiu, A. Forje : **L'essayage séquentiel de fiabilité des systèmes énergétiques réparables par l'intermédiaire du prix de revient des pièces de rechange**

On sait que le prix de revient des pièces de rechange peut présenter une mesure de la qualité du produit et, en ce cas, il peut être considéré en tant qu'indicateur synthétique de la qualité et fiabilité des systèmes énergétiques. L'essayage séquentiel de la fiabilité par l'intermédiaire du prix de revient des pièces de rechange devient faisable au cas où on adopte, en tant que variable, l'inverse du prix de revient, ce qui permet de déterminer les paramètres de la distribution Weibull aussi pour des essais incomplets.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 266–270

CD 621.315.1.001.1

R. Băncilă, D. Mateescu, I. Appeltauer : **La stabilité des montants bâtis à partir d'une cornière, à appui alternant, pour les poteaux des lignes électriques aériennes**

Les montants renforcés par des noeuds disposés alternativement sur les deux ailles du montant représentent une solution constructive largement utilisée pour les poteaux des lignes électriques aériennes. Dans les prescriptions de calcul de différents pays on assure le comportement au flambage en adoptant une longueur de flambage affectée par des coefficients de diminution ou augmentation, en corrélation avec les résistances admissibles au flambage. Dans cet article on passe, d'abord, en revue les recommandations prévues dans les prescriptions de différents pays et les solutions théoriques données dans la littérature technique. Les auteurs donnent, ensuite une présentation et interprétation des résultats de leurs propres essais, effectués dans le laboratoire de la Faculté de constructions de Timişoara. Les conclusions de cet article sont d'une grande utilité pour la pratique de l'établissement des projets, en mettant en évidence la possibilité d'utiliser des résistances au flambage plus élevées, donc d'obtenir des diminutions de la consommation du métal.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 271–276

CD 621.643 : 537.212

C. Brătianu : **Détermination du champ de températures dans les parois des conduites thermiques**

On présente un modèle pour déterminer le champ de températures dans les parois des conduites thermiques basé sur la méthode des éléments finis. Sur le fondement de ce modèle, l'auteur a réalisé un programme de calcul écrit en langage FORTRAN, programme qui présente une structure modulaire et flexible, en pouvant être aisément adapté à des développements ultérieurs.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 277–281

CD 621.316.319 : 620.193

Rodica Andone, S. Minea et a. : **Protection anti-corrossive de l'appareillage électrique destiné à fonctionner en zones caractérisées par agressivité chimique**

On décrit quelques essais effectués en vue de selectionner des systèmes de protection qu'on puisse utiliser pour l'appareillage fonctionnant dans la zone d'une centrale électrique placée dans l'enceinte d'un complexe chimique, en atmosphère polluée par le chlore, HCl, H_2S, les poudres de carbonate de Na et K, en combinaison avec l'humidité, dans des conditions réelles de fonctionnement, ainsi que dans des conditions de laboratoire. Parmi les systèmes de protection expérimentés, c'est-à-dire : métallisation, systèmes de protection galvanique, peinture, métallisation et peinture ont été selectionnées ceux qui ont présenté un très bon comportement, notamment les couvertures métalliques et pélliculogènes, recommandées pour l'application industrielle.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 282–283

CD 621.311.21 : 620.193

P. Neagoe : **Considérations sur le contrôle et renouvelement de la protection anti-corrossive du blindage du puits forcé de la centrale hydroélectrique Tismana, après un fonctionnement de longue durée**

L'auteur propose quelques solutions pour le contrôle de l'état de la protection anti-corrossive du blindage du puits forcé après une longue période de fonctionnement de la centrale, au cas où on a ajouté, par rapport au plan initial, une galérie de liaison entre le bloc de montage de la centrale et le puits forcé.

Energetica 30 (1982), no. 6, p. 286–289

CONTENTS

DC 621.3.016.4.003.1

M. V. Stoica : **Energy Saving Optimization Criteria in Cyclical Conversion Processes**

Showing that the energy conversion cycles can be optimized from two points of view : of the maximum power conversion and of the conversion for obtaining maximum energy quantity, it is attempted to find a cycle to optimize both criteria, i.e. which should result from solving a bi-criterial problem. The bicriterial analysis of these energy conversion cycles can lead to a reconsideration of the utilization manner of some primary energy sources. As a result of the cycles optimization important primary energy savings can be obtained or a new diistribution of the sources on different categories of users.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 253–254

DC 662.64/66

E. Gatman-Săndulescu and *Cr. Totolo* : **Grindability Study of the Coals from the North Oltenia Region and the Influence of its Variation on the Performances of Fan-Mills**

The paper presents two aspects needing consideration in the study of the grindability of low coals extracted in the Rovinari, Motru, Jilţ regions, i.e. : the grindability coefficient variation and the influence of this coefficients variation on the fan-mills performances.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 255–260

DC 621.311 : 621–833

L. Lup : **Availability Indeces of the Electric Plant Equipment**

In order to set up perspective and planning studies regarding the power system development and operation, it is necessary to hold a clear, unitary and continuous evidence of the equipment behaviour in operation. Thus the paper deals with the definition and calculation manner of the electric plants equipment availability indeces. The definition and calculation mode have been presented, for some terms, according to literature while the rest contains proposals of the author, so that the entire material should constitute a unitary whole able to be used in the design and in operation with power systems in order to establish the optimal installed power level and structure for electric plants as well as for a prognosis of the equipment operation manner, the load repartition on different plants, the planning of revisions and repairings, the spare parts, the fuel etc.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 260–265

DC 621.311 : 621.3.019.3

I. Popescu, D. Lixăndroiu, A. Forje : **Sequential Reliability Testing of Power Systems Repairable Through the Cost of Spare Parts**

Knowing that from the manner in which the necessar spare parts are provided as well as that on their cost will depend the availability coefficient of the product for the user and lastly, the investment efficiency materialized by buying the ordered product, it results that the cost of spare parts can represent a measure for the product quality and the cost can thus be considered as a synthetic indicator of the power systems quality and reliability. The sequential reliability testing of power systems repairable through the cost o spare parts becomes possible under the circumstances in which the cost reverse is adopted as a variable so that the Weibull distribution parameters determination become possible and for incomplete tests as well.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 266–270

DC 621.315.1.001.1

R. Băncilă, D. Mateescu, I. Appeltauer : **About the Stabilit of Angle Iron Beams with Alternant Suspension on Metalli OHEL Posts**

The beams whose rigidity is obtained by alternantly o both beams wings disposed nodes is a constructive solutio widely used with OHEL posts. Within the calculation pre scriptions from different countries the buckling behaviou is ensured by adopting a buckling length affected by reduc tion or strengthening coefficients correlated to the resis tances admitted for buckling. The paper contains a list o the prescriptions issued in different countries and of th theoretical solutions from the technical literature. This i followed by a presentation and interpretation of own test results carried out in the laboratory of the Construction Faculty from Timişoara. The conclusions from the paper ar very useful for the design practice outlining the possibilit to use higher buckling resistances, i.e. of obtaining meta savings.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 271–276

DC 621.643 : 537.212

C. Brătianu : **Determination of Temperature Fields Withi the Thermal Ducts Walls**

A determination model for the temperatures field withi the thermal ducts walls based on the method of finite el ments is presented. On the basis of the described finite el ments model the author has set up a calculation progra written in FORTRAN, having a modular flexible structu easily adaptable to further development.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 277–281

DC 621.316.319 : 620.193

R. Andone a. o : : **Anti-Corrosive Protection Measures of Ele trical Equipment Operating in Chemically Aggressive Are**

There are shown some tests carried out in order to sele protection systems to be used with electrical equipment the vicinity of an electric plant placed at a chemical wor in atmosphere polluted with Chlor, HCl, H_2S, Na and carbonate dust, combined with humidity, in real operati conditions as well as in accelerated laboratory conditio From among the tested protection systems : metallizatio galvanic protection systems, varnishing, metallization a varnishing those with a very good behaviour have be selected, i.e. : metallic and fine layer covers, recommendal for industrial use.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 282–285

DC 621.311.21 : 620.193

P. Neagoe : **Considerations About the Checking and Repairin of Anti-Corrosive Protection of the Forced Shaft Shielding the Hydroelectric Plant Tismana Subsequent to its Lo Duration Operation**

The paper presents solutions for checking the anticorrosi protection state of the forced shaft shielding subsequent the long duration plant operation as a result of the occuren as compared to the initial project, of the linking shaft betw the mounting block of the plant and the forced shaft.

Energetica 30 (1982), nr. 6, p. 286–289

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTÉS HONVÁTÁS 1883

Trustul de Construcţii Hidroenergetice BUCUREŞTI

TCH

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON

. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC

. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI

. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE

. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE

. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE

. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE

. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI

. TARNITA, P_i = 45 MW

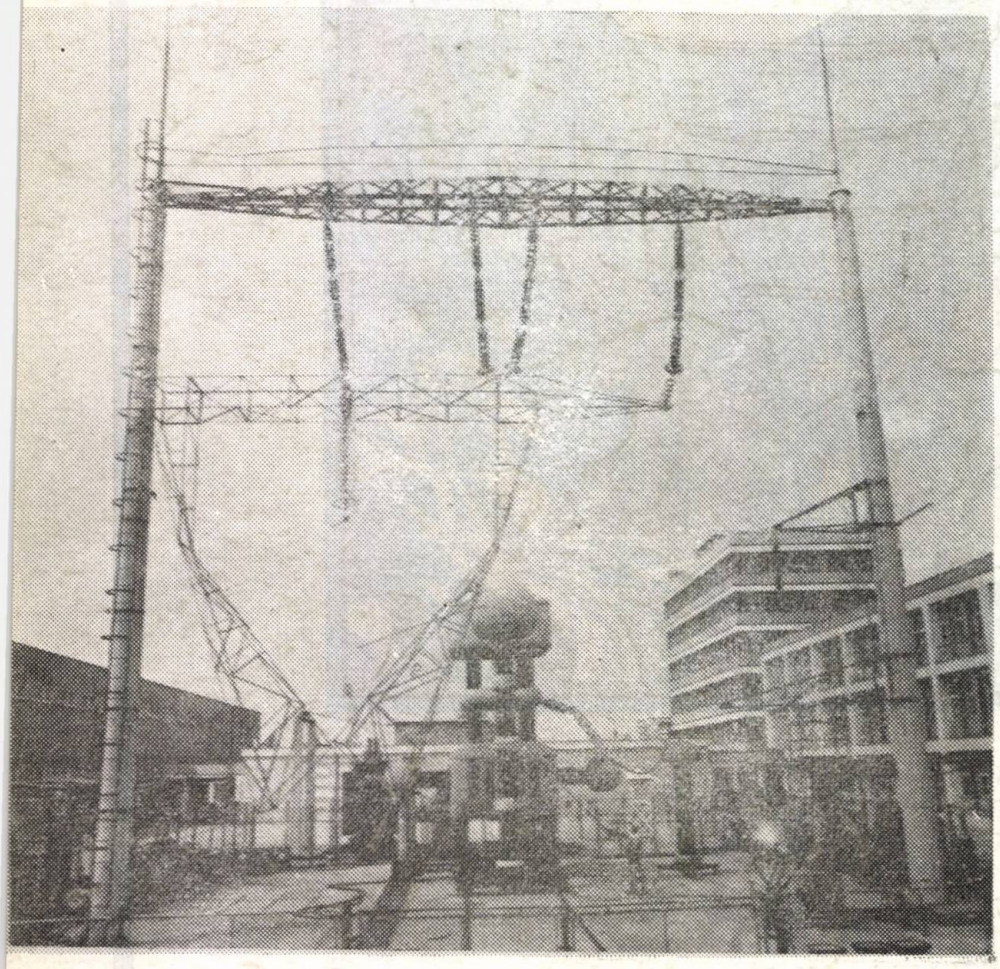
ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂR ȘI MODERNIZĂRI ENERGETICI

BUCUREȘTI, cod 74568, Sectorul III • B-dul ENERGETICIENILOR 8

1983 MAR 0 3

ICEMENERG, prin Secţia de echipamente şi mater
electroenergetice (SEM), execută :



- cercetări privind tehnica te
nilor înalte
- asistenţă tehnică, probe şi
surători speciale
- echipamente de încercări p
lactice de înaltă tensiune în
meniul :
  - . protecţiei contra suprate
nilor atmosferice şi inte
  - . aparatajului de comutaţie
înaltă şi medie tensiune
  - . transformatoarelor de m
izolatoare şi materiale e
energetice
  - . transformatoarelor de fo

2055

MW

REFERAT

7

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
IULIE 1982

energetica

0 6 12 18 24

ICEMENERG

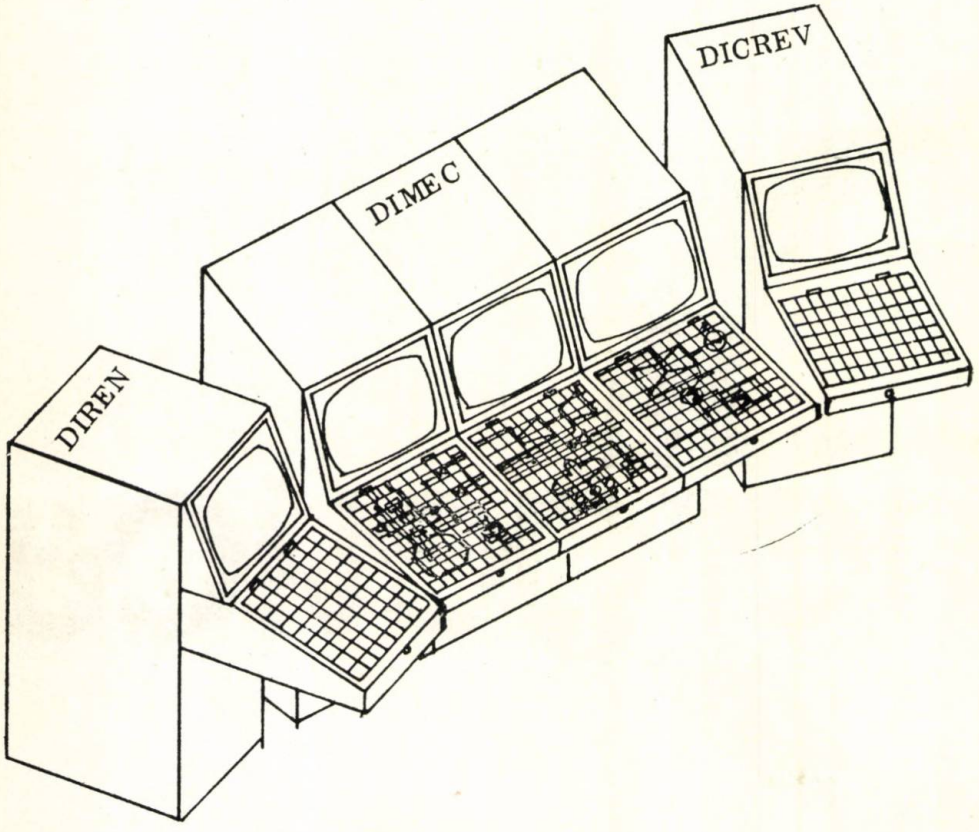
INSTITUTUL DE CERCETĂR
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETIC
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.

ICEMENERG, prin Colectivul calculatoare de proces în centrale electrice - CCP, realizează :

- analize de sistem
- algoritmi şi programe de aplicaţie
- proiecte de implementare
- organizări de sisteme multiprocesoare descentralizate funcţional pentru supravegherea şi conducerea centralelor termoelectrice şi a dispecerilor de termoficare cu ajutorul micro şi minicalculatoarelor.

Structura multiprocesoare SINEX sau subsistemele DICREV, DIMEC şi DIREN, realizate în colaborare cu Intreprinderea de Calculatoare Electronice-Bucureşti şi bazate pe microcalculatoarele M-118 şi interfeţele de proces SPOT-80 pot asigura următoarele funcţiuni :

- informarea operativă, selectivă şi ergonomică a personalului de exploatare privind starea procesului şi funcţionarea economică a blocului (DIMEC) ;
- urmărirea funcţionării protecţiilor în situaţii de avarii, afişarea la cerere a permisiilor tehnologice şi calculul reducerilor de putere în cazul indisponibilităţii unor agregate (DICREV) ;
- reglarea numerică, indicarea şi controlul principalelor mărimi tehnologice ale blocului energetic (DIREN) ;
- supraveghere, ghid operator şi optimizare a producerii şi distribuţiei fluxu lui energetic în cadrul dispecerilor de termoficare ai platformelor industriale.



SINEX - Sistem numeric pentru conducerea blocurilor termoenergetice în regim de exploatare în sarcină

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan**(redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măcriş**
Ing. **I. Mălereanu** (redactor responsbil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihălleanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8,
Sector 3,
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

ANUL 30 **7** IULIE 1982

Cuprinsul

ARTICOLE

E. Mihail, Alexandrina Ilaş, D. Puşcaşu

Raţionalizarea consumurilor energetice în industria cimentului 299—303

C. Buzatu

Consideraţii privind noi posibilităţi de economisire a energiei electrice consumate la prelucrările prin aşchiere 304—308

Em. Cocoş

Consideraţii asupra unor posibilităţi de amenajare a filtrelor absorbante de armonici 308—315

T. Popa, Cr. Totolo, I. Müller

Arderea cărbunelui brun cu conţinut ridicat de cenuşă, fără suport de hidrocarburi 315—322

D. Cristescu, P. Postolache

Posibilităţi de reducere a dimensiunilor coronamentelor liniilor prin îmbunătăţirea protecţiei contra supratensiunilor atmosferice şi utilizarea eficientă a distanţelor de izolare 322—327

L. Stanisavlievici

Consideraţii privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur 327—332

D. Scorţea

Propuneri pentru îmbunătăţirea condiţiilor de execuţie a centralelor hidroelectrice de mare cădere 332—334

N. Lazăr

Consideraţii privind accesul în galeriile forţate de la centralele hidroelectrice 334—335

ENERGETICA ÎN ALTE ŢĂRI 336—337

D. Spiridon

Potenţialul hidroenergetic al Chinei

INVENŢII-INOVAŢII 337—339

CRONICĂ 340

DIN SUMARUL REVISTELOR 341—342

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim.	**Eleonora Ataman**	dr. ing	**M. Pomârleanu**
dr. ing	**J. Constantinescu**	dr. ing	**Gh. Popa**
ing.	**Ana Dobre**	ing.	**A. Roşu**
ing.	**T. Dragomir**	ing.	**V. Rugină**
ing.	**Angelea Perea**	ing.	**I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2259

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Tc. nr. 137/6463/1982

41401

Raționalizarea consumurilor energetice în industria cimentului

Emil Mihail, Alexandrina Ilaș, Doru Pușcașu *)

Industria cimentului în România a luat naștere în pragul secolului 20 și a înregistrat trei perioade distincte de dezvoltare.

În perioada 1889—1908 s-au construit primele fabrici dotate cu cuptoare verticale de capacitate mică, funcționînd cu cărbune din import.

Perioada 1908—1948 a început prin introducerea cuptorului rotativ și înlocuirea cărbunelui din import cu păcură.

Perioada 1948—1980 se caracterizează prin dezvoltarea organizată a industriei cimentului și a început odată cu trecerea tuturor fabricilor de ciment în patrimoniul statului, deosebindu-se patru etape specifice :

a) În etapa 1950—1955 au început modernizările fabricilor, introducîndu-se primele linii tehnologice proiectate și fabricate în țară, pe procedeul umed, avînd o capacitate de 300 t clincher/zi fiecare, continuîndu-se pînă în anul 1960 cu completări și îmbunătățiri ale capacităților existente.

b) În etapa 1960—1965 s-au introdus în fabricile existente noi linii tehnologice, pe procedeul umed, avînd fiecare 800 t clincher/zi ; tot în această etapă s-a început proiectarea și asimilarea utilajelor pentru liniile de 800 t clincher/zi pe procedeul uscat.

c) În etapa 1965—1975, caracterizată printr-un ritm accelerat de dezvoltare, s-au pus în funcțiune liniile noi de ciment pe procedeul uscat, de 800 t clincher/zi.

d) Începînd cu anul 1975, industria cimentului s-a dezvoltat și se dezvoltă pe linii tehnologice de mare capacitate, pe procedeul uscat, de 3 000 t clincher/zi, producția unei astfel de linii reprezentînd de circa 2,2 ori producția de ciment a României în anul 1948.

În 1980 producția de ciment a României a crescut de 5,1 ori față de anul 1960. Pe plan mondial, România a ocupat în anul 1978 locul 16 între 39 țări principale producătoare de ciment și locul 8 în ceea ce privește producția pe locuitor (636 kg/locuitor).

Deși criza energetică mondială s-a accentuat în perioada 1975—1980, atît prin diminuarea resurselor energetice primare, cît și prin creșterea prețului hidrocarburilor, totuși producția mondială de ciment a crescut continuu, ajungînd la circa 711 mil. t în 1978.

*) Autorii lucrează la ICPILA.

Procesul de fabricare a cimentului este energointensiv și în mod special fazele de ardere și mărunțire, constituind unul dintre marii consumatori de combustibil și energie electrică. Se menționează, în acest sens, că la fabricarea cimentului se consumă pentru arderea clincherului (inclusiv gospodărirea păcurii și uscarea materiilor prime pentru reducerea clincherului) circa 93,4 % din consumul de combustibil, iar pentru mărunțire circa 71 % din consumul de energie electrică necesar producerii unei tone de ciment. Din acest motiv, se impune o preocupare continuă a specialiștilor din industria cimentului pentru reducerea consumurilor energetice.

În cele ce urmează se prezintă unele aspecte ale industriei cimentului din România privind căile de economisire a energiei în acest proces.

Cercetările inițiate în acest domeniu au avut ca obiective principale :

— găsirea unor soluții tehnologice pentru reducerea consumurilor energetice și realizarea unor consumuri specifice minime ;

— înlocuirea (cel puțin parțial) a combustibililor superiori în procesul de fabricare a cimentului, prin valorificarea altor surse energetice mai ieftine :

— optimizarea structurii producției de ciment, avînd în vedere procedeul de fabricație și combustibilul utilizat ;

— reducerea consumului de energie reactivă prin instalarea mijloacelor de compensare necesare.

Nivelul actual al consumurilor energetice în industria cimentului din România

Ca structură, consumul specific de combustibil pentru fabricarea unei tone de ciment, în procente, se prezintă pe principalele activități astfel :

— Extracție calcar, argilă, marnă și ghips	0,17
— Transport calcar, argilă, marnă și ghips	1,23
— Arderea clincherului (inclusiv gospodărirea păcurii și uscarea materiilor prime pentru producerea clincherului)	93,42
— Uscarea zgurii	1,96
— Alte activități (întreținere, reparații, utilaje din fabrică, motostivuitoare, macarale etc., dezghețarea vagoanelor cu materii prime — zgură, ghips —, consumul direct al laboratoarelor etc.)	1,70

Structura consumului de energie electrică prezintă următoarea repartiție procentuală pe principalele activități :

— Extracție materii prime (calcar, argilă, marnă și ghips)	2,7
— Preconcasare, transport și concasare materii prime	4,1
— Măcinare materii prime	28,3

— Ardere și depozitare clincher	22,2
— Măcinare ciment	38,7
— Depozitare, expediție, diverse	4

Industria românească de ciment a realizat în anul 1980 următoarele consumuri specifice medii :

— Combustibil pentru producerea clincherului	1145,2 kcal/kg (163,6 t c.c./1000 t)
— Combustibil pentru producerea cimentului	916,3 kcal/kg (130,9 t c.c./1000 t)
— Energie electrică pentru producerea cimentului	106,6 MWh/1000 t (36,9 t c.c./1000 t)
— Consum energetic total pentru producerea cimentului	168,8 t c.c./1000 t

Pentru orientare, se arată că în anul 1978 consumul specific de combustibil la producerea clincherului a fost de 131,1 t c.c./1000 t (918 kcal/kg) în R.F.G., 145,1 t c.c./1000 t (1016 kcal/kg) în Franța și 226,1 t c.c./1000 t (1583 kcal/kg) în R. P. Polonă [3].

Reducerea consumului specific de combustibil la producerea clincherului de ciment din România în perioada 1955—1980

În graficul din figura 1 este prezentată evoluția consumului specific de combustibil, din care se constată că în perioada de referință, 1955—1980, s-a realizat o reducere a consumului specific de combustibil la producerea clincherului de 43 %.

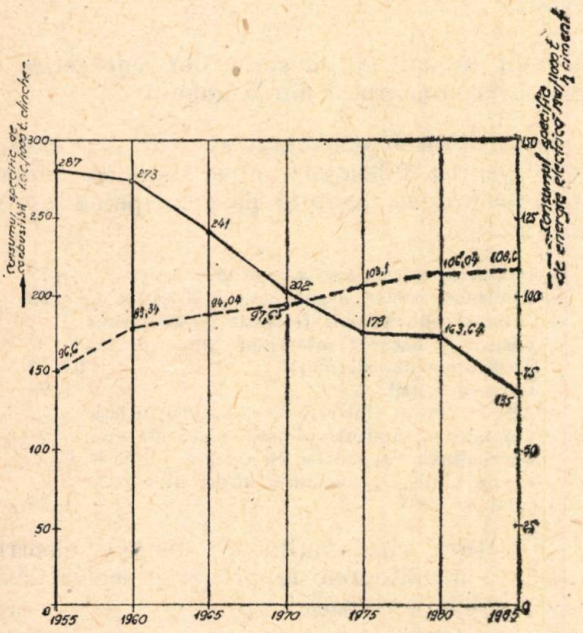


Fig. 1. Evoluția consumului specific de combustibil pentru producerea clincherului și a consumului de energie electrică pentru producerea cimentului :
——— consumul specific de combustibil, t c.c./1000 t clincher ;
— — — consumul specific de energie electrică, MW/1000 t.h ciment.

Această spectaculoasă reducere s-a obținut în principal prin conjugarea a doi factori :

— adaptarea la dezvoltarea capacității de producție a procedeelor tehnologice eficiente, moderne la timpul respectiv ;

— îmbunătățirea continuă a performanțelor realizate în exploatare, prin stabilirea și aplicarea de îmbunătățiri tehnice și tehnologice, precum și prin ridicarea nivelului de respectare a disciplinei tehnologice.

În figura 2 este prezentată evoluția, în procente, a producției de ciment și a ponderii producției pe procedeul uscat de fabricație.

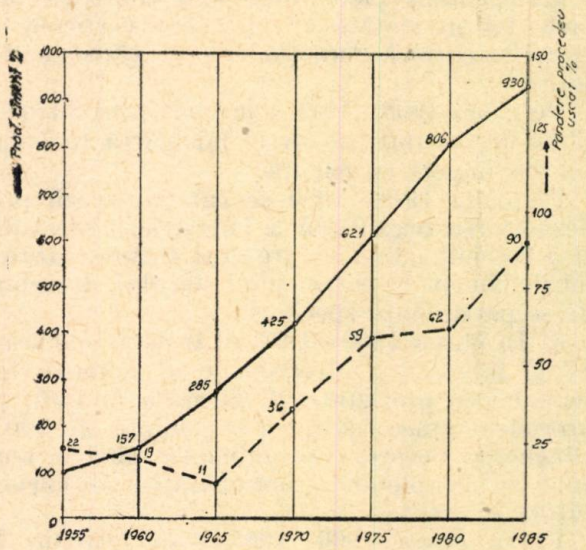


Fig. 2. Evoluția producției de ciment și a ponderii procedeului uscat de fabricație în România :
——— producție ciment, % ; — — — pondere procedeu uscat, %.

Se constată că dezvoltarea industriei de ciment din România s-a făcut pînă în anul 1963 prin construirea de linii de fabricație prin procedeul umed, al căror consum specific de combustibil caracteristic, de 1500—1600 kcal/kg clincher, se realizează în prezent ca medie anuală, ca urmare a aplicării unui ansamblu de îmbunătățiri rezultate din cercetări, astfel că nu mai sînt de așteptat alte reduceri în viitor ; de altfel, din figura 1 se constată că acest fenomen este practic încheiat în anul 1971.

Începînd cu anul 1965, dezvoltarea industriei de ciment din România se face exclusiv pe procedeul uscat — cu schimbătoare de căldură în suspensie, care realizează curent în exploatare consumuri specifice mai mici de 950 kcal/kg clincher. Perioada 1965—1975 a fost etapa în care s-au construit și pus în funcțiune cuptoare de 800 t clincher/zi pe acest procedeu iar începînd cu 1975 s-a trecut la exploatarea de cuptoare de 3000 t clincher/zi.

Creșterea capacității unitare de producție a cuptoarelor este un aspect principal al dezvoltării tehnologiei de fabricație în industria cimentului, cu implicații favorabile și asupra

consumului specific de combustibil. Din acest punct de vedere, creşterea capacităţii de producţie a cuptoarelor rotative acţionează prin reducerea pierderilor specifice de căldură în mediul ambiant prin tola cuptorului, ca urmare a reducerii suprafeţei acesteia raportată la producţia realizată. Astfel, prin simpla trecere de la capacitatea de 800 t clincher/zi la circa 3000 t/zi, suprafaţa specifică a tolei cuptorului reducîndu-se de la 1,01 m^2/t zi la 0,59 m^2/t zi, şi consumul specific proiectat s-a redus cu 30 kcal/kg clincher.

Perspectivele reducerii în continuare a consumului specific de combustibil la producerea clincherului în România

În cadrul orientărilor de perspectivă ale industriei cimentului din România se prevede în continuare creşterea ponderii procedeului uscat de fabricaţie. În figura 3 se poate vedea modul în care este preliminată evoluţia consumului specific de combustibil pînă în anul 1985.

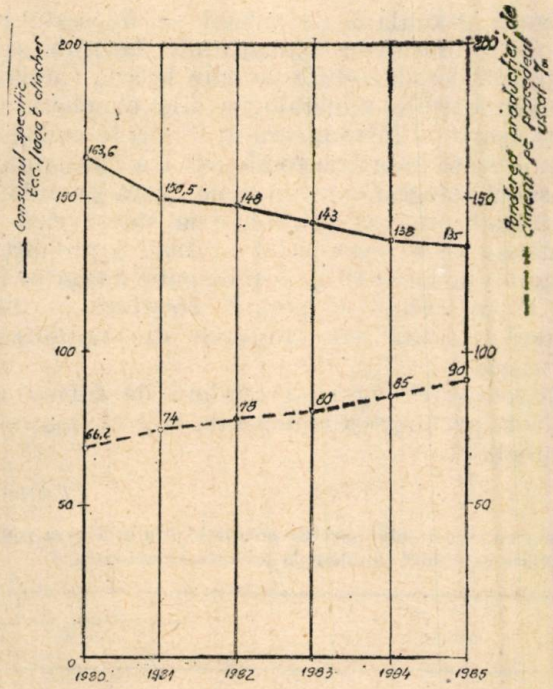


Fig. 3. Evoluţia consumului de combustibil şi a ponderii procedeului uscat de fabricaţie în industria cimentului din România în perioada 1980—1985:
——— consumul specific, t. c.c./1000 t clincher; — — — ponderea producţiei de ciment pe procedeul uscat, %.

Căile de realizare a acestor obiective sînt:
— punerea în funcţiune a liniilor tehnologice de 3000 t clincher/zi şi realizarea parametrilor proiectaţi ai acestora;
— reducerea producţiei realizate pe procedeul umed, la strictul necesar impus de condiţiile tehnologice speciale aferente unor sortimente de ciment, urmînd ca liniile — depăşite din punct de vedere tehnic — să fie dezafectate, iar altele să fie trecute în rezervă rece;
— trecerea unor linii de 800 t clincher/zi de pe procedeul umed pe procedeul uscat, cu fracţionarea alimentării cu combustibil, la care o parte a căldurii necesare va fi furnizată de combustibili inferiori;
— creşterea cu minimum 10% a capacităţii de producţie a cuptoarelor de 800 t/zi pe procedeul uscat, prin dotarea instalaţiilor respective cu exhaustoare cu caracteristici îmbunătăţite.

Adoptarea procedeului uscat de fabricaţie, ca premisă de bază pentru reducerea substanţială a consumului specific de combustibil, este însoţită de o activitate susţinută de cercetare pentru găsirea soluţiilor care să conducă la valorificarea cît mai deplină a posibilităţilor sale prin perfecţionarea instalaţiilor şi utilajelor care o compun. Dintre soluţiile avute în vedere se menţionează:
— utilizarea aerului în exces — folosit la răcirea clincherului în răcitoarele-grătar — pentru uscarea zgurii utilizate ca adaos la producerea cimentului. Pe această cale este posibilă realizarea unei economii de pînă la 30 kcal/kg clincher;
— dotarea cuptoarelor cu arzătoare fără aer primar, ceea ce permite, pe lîngă o economie de combustibil de circa 10 kcal/kg clincher, şi reducerea consumului de energie electrică prin eliminarea ventilatoarelor de aer primar;
— aplicarea unor soluţii de diminuare a recirculării făinii în schimbătorul de căldură în suspensie, al cuptoarelor de 3000 t /zi, poate duce la reducerea consumului specific de combustibil pe această cale cu circa 20 kcal/kg clincher.

Pe lîngă aceste soluţii se mai amintesc şi o serie de îmbunătăţiri tehnologice cu efecte şi asupra consumului specific de combustibil, ca:
— îmbunătăţirea etanşării şi blindării capului cald al cuptoarelor rotative;
— îmbunătăţirea controlului procesului tehnologic de preparare a amestecului brut, prin prelevare şi preparare automată a probelor medii de materii prime, şi transportul pneumatic al probelor la laborator, în vederea reducerii domeniului de variaţie a parametrilor făinii la alimentarea cuptoarelor.

Reducerea consumului specific de energie electrică

Din structura consumului de energie electrică rezultă direcţiile şi agregatele care trebuie luate în considerare în primul rînd în cadrul urmăririi consumului de energie electrică.

Între măsurile care au condus la economisirea energiei electrice în industria cimentului se menţionează:

— întocmirea studiilor de normare a consumurilor energetice și începerea acțiunii de îndrumare la nivelul întreprinderilor, în vederea stabilirii structurii normelor de consum și de urmărire a realizării acestora;

— luarea unor măsuri tehnice și organizatorice care au condus la o mai bună alimentare a agregatelor principale cu materii prime, asigurîndu-se o mai bună utilizare a capacităților de producție și o ridicare a productivității acestora;

— raționalizarea folosirii aerului comprimat, optimizarea rețelelor, îmbunătățirea etanșeității lor.

După anul 1960 măsurile de economisire a consumului de energie electrică s-au îndreptat în următoarele direcții:

— înzestrarea secțiilor și agregatelor mari consumatoare cu aparate de măsură și control;

— efectuarea de bilanțuri energetice pe secții și agregate principale și aplicarea măsurilor care au rezultat din acestea;

— reglarea sarcinii electrice la orele de vîrf de sarcină ale sistemului electroenergetic prin oprirea unor utilaje (excavatoare, concasoare, poduri rulante, compresoare, mori);

— dotarea sectorului cu utilaje de mare capacitate și randamente sporite;

— introducerea automatizărilor;

— introducerea acționărilor directe, fără reductoare, ale morilor.

Problemele de bază care s-au pus rețelelor de distribuție din fabricile de ciment și a căror rezolvare a stat în atenția sectoarelor de specialitate au constat în asigurarea continuității alimentării instalațiilor, stabilitatea aparatajului la scurtcircuit, obținerea de căderi mici de tensiune la șocuri de sarcină și reducerea pierderilor de energie.

Odată cu extinderea fabricilor de ciment, s-au executat racorduri adînci de 110/35 kV și s-a trecut la alimentarea în 6 kV a receptoarelor peste 200 kW.

Unul dintre obiectivele permanente ale specialiștilor din industria cimentului îl constituie reducerea consumului de energie electrică pentru măcinare, principalele perfecționări care sînt în studiu în etapa actuală fiind:

— îmbunătățirea rețetelor de încărcare a morilor și a regimurilor de funcționare ale instalațiilor de măcinare cu recirculare;

— dozarea automată la alimentarea morilor;

— utilizarea de aditivi la măcinarea cimenturilor superioare;

— reducerea granulației materialelor la alimentarea morilor.

Din cercetările și experimentările efectuate se estimează că se pot realiza, prin aplicarea acestor perfecționări, economii energetice reprezentînd în medie pe ansamblul industriei de ciment a României 3—4 kWh/t

De asemenea, prin îmbunătățirea calității pieselor de schimb și eliminarea funcționării în gol a utilajelor și instalațiilor, precum și prin aplicarea altor măsuri tehnico-organizatorice, se va putea realiza o economie de energie electrică de circa 1 kWh/t ciment.

De o importanță deosebită pentru gospodărirea energiei este și reducerea consumului de ciment la beneficiari. Astfel, economisirea cu numai 1% a consumului de ciment ar putea conduce la o economie de combustibil și energie electrică de circa 18000 t echivalent petrol pe an.

Cu toate măsurile luate pentru reducerea consumului de energie electrică, începînd din anul 1965, consumul specific a început să crească din cauza extinderii procedeului uscat de fabricație, care, deși are un consum de energie electrică mai mare, conduce la un consum energetic scăzut. Această creștere s-a accentuat după anul 1975, cînd au intrat în funcțiune liniile de randament sporit, de 3000 t clincher/zi.

Promovarea cimenturilor cu proporție sporită de adaosuri

Zgura granulată de furnal se folosește ca adaos la fabricarea cimentului, datorită atît proprietăților deosebite pe care le are, corelate cu compozițiile mineralogice ale clincherului, cît și ușurinței introducerii în fluxul tehnologic.

În prezent industria românească a cimentului consumă integral cantitatea de zgură granulată de furnal produsă de industria siderurgică — cantitate ce a reprezentat în 1980 o proporție de adaos de circa 16% — și dispune de cercetări ale căror rezultate permit creșterea acestei proporții odată cu creșterea disponibilității de zgură.

Introducerea zgurii granulate de furnal ca adaos la producerea cimentului este evidențiată în tabelul 1.

Tabelul 1

Reducerea consumului specific energetic prin utilizarea zgurii granulate de furnal ca adaos la producerea cimentului

Sortiment		Consum specific energetic total
Ciment fără adaosuri		100,0
Ciment cu 15% zgură	PA 35	85,9
Ciment cu 30% zgură	M 30	71,4
Ciment cu 50% zgură	F 25	52,6

Perfecționarea exploatării instalațiilor

Printre factorii de primă importanță care determină nivelul de realizare a performanțelor optime de producție, consum specific de combustibil și calitate, se numără fiabilitatea instalațiilor, modul de dotare cu aparatură d

măsură, control şi reglare, precum şi ridicarea gradului de pregătire profesională a personalului de exploatare.

În comparaţie cu cea din ţările industrializate, industria noastră de ciment are de suportat greutăţi care derivă dintr-un nivel de fiabilitate al utilajelor, aparatelor şi pieselor de schimb încă insuficient.

De mare actualitate sînt realizarea de materiale refractare de calitate superioară şi punerea la punct a tehnologiei de fabricare a corpurilor de măcinare şi ciocanelor de concasare cu rezistenţă mare la uzură, în condiţiile specifice în care trebuie să funcţioneze.

Prin dotarea cu aparatură de măsură şi control se asigură personalului de specialitate din exploatare informaţiile necesare luării de decizii corecte în activitatea de conducere a procesului tehnologic. Se menţionează dotarea tuturor liniilor de 3000 t clincher/zi cu sisteme de analiză şi dozare automată cu calculator electronic a materiilor prime.

Un ansamblu de măsuri care se desfăşoară cu precădere în fabricile noi sînt menite să contribuie la accelerarea procesului de implementare a noilor tehnologii, care include şi însuşirea cunoştinţelor necesare de către personalul de execuţie, în vederea valorificării optime a posibilităţilor tehnice ale instalaţiilor.

Înlocuirea hidrocarburilor cu combustibili inferiori

Fracţionarea procesului de ardere în instalaţiile de clincherizare care funcţionează pe procedeul uscat creează condiţiile pentru înlocuirea unei proporţii importante de combustibili superiori — singurii care se pretează la utilizarea pentru procesul de combustie din capul cald al cuptorului — prin faptul că pentru arderea în calcinator sau conducte de evacuare a gazelor din cuptoare poate fi utilizată o gamă largă de combustibili inferiori.

Deşi în cazul utilizării unor astfel de combustibili consumul specific total de energie calorică creşte, se poate reduce consumul de hidrocarburi — gaz metan şi păcură — realizîndu-se astfel reduceri importante ale importului de combustibil.

Cercetările în curs pe această temă urmăresc să precizeze condiţiile tehnice şi economice ale utilizării cărbunilor bruni şi a silozului de la minele de cărbuni în instalaţiile de clincherizare.

Concluzii

Industria cimentului din România, consumatoare de combustibili superiori, are în actuala conjunctură sarcini importante pe linia reducerii consumurilor energetice în general şi a economiei de hidrocarburi în special, cercetările necesare fiind orientate pentru adaptarea la actualele exigenţe energetice.

În vederea obţinerii unor rezultate cît mai bune în acţiunea de economisire a energiei sînt necesare eforturi susţinute pentru a se realiza în principal:

— respectarea termenelor din graficele de atingere a indicatorilor proiectaţi la toate liniile de 3000 t clincher/24 h date în funcţiune;

— respectarea termenelor de punere în funcţiune a liniilor în curs de execuţie;

— realizarea programului de transformare a unor linii existente în vederea trecerii lor de la procedeul umed la cel uscat cu precalcinare, concomitent cu trecerea în rezervă rece a unor cuptoare cu consumuri specifice ridicate de combustibil;

— implementarea mai rapidă a noilor tehnologii şi însuşirea cunoştinţelor necesare de către personalul de execuţie în vederea valorificării optime a posibilităţilor tehnice ale instalaţiilor;

— promovarea cimenturilor cu proporţie sporită de adaosuri şi utilizarea acestora la lucrările înscrise în condiţiile de calitate.

Contribuţii la reducerea consumurilor energetice sînt de aşteptat şi de la cercetările care au ca obiect reducerea temperaturii de clincherizare, crearea de lianţi cu consum teoretic redus şi asimilarea producerii de cărămizi refractare dolomitice cu durată lungă de funcţionare, produse din materii prime indigene.

Bibliografie

[1] Cotea, I., Popescu, C., Dimitrescu, C. *Cât de adaptare a industriei cimentului din România la exigenţele energetice actuale.* Comunicare la CONSILOX III, Braşov, 1980.

[2] Cotea, I., Popescu, C., Dimitrescu, C. *Reducerea consumului de combustibil la producerea cimentului în România.* Comunicare la a II-a Conferinţă a energeticienilor din România, 1980.

[3] Marcu, B., Mihail, E., Palade, I. *Compensation de la pointe de charge dans l'industrie du ciment.* Comunicare la a III-a Conferinţă internaţională de energetică industrială, Varşovia, 1963.

[4] Patricis Palomar Llooct. *Panorama de la industria del cemento europea en el an 1978.* Cement Hormigon, oct. 1979.

(Articol intrat în redacţie la 24 martie 1982)

Considerații privind noi posibilități de economisire a energiei electrice consumate la prelucrările prin așchiere

Dr. ing. **Constantin Buzatu** *)

Considerații generale

În condițiile actuale de dezvoltare puternică a construcției de mașini, caracteristica și în același timp condiția de bază a realizării unor produse competitive pe plan intern, dar mai ales extern, este asigurarea unei calități tot mai ridicate a acestora, la un cost din ce în ce mai scăzut.

O componentă importantă care influențează costul unui produs într-o măsură tot mai mare — dacă se are în vedere accentuarea crizei energetice pe plan internațional — este și cantitatea de energie electrică ce se consumă în procesul de prelucrare prin așchiere.

Optimizarea proceselor de prelucrare prin așchiere, din punctul de vedere al minimizării consumului de energie electrică, trebuie să stea în atenția tuturor întreprinderilor, să devină o preocupare permanentă în vederea realizării sarcinilor trasate de conducerea de partid în acest sens.

Efecte economice deosebit de mari, ca urmare a micșorării consumului de energie electrică, se obțin printr-o alegere rațională a parametrilor regimului de așchiere. În acest domeniu, literatura de specialitate este foarte săracă.

Din această cauză, considerăm că lucrarea de față este oportună, constituind o direcție în care cercetările trebuie intensificate și aprofundate.

Întrucît prelucrările prin strunjire dețin încă ponderea cea mai importantă (aproximativ 30 %) în cadrul prelucrărilor prin așchiere, studiile ce se efectuează în lucrare se referă la această operație, cu precizarea că acestea se pot generaliza cu ușurință și la celelalte operații.

1. Studiul posibilităților de economisire a consumului de energie electrică la strunjirea unui material dat, din punctul de vedere al alegerii parametrilor regimului de așchiere

În vederea analizei posibilităților economisirii consumului de energie electrică, notată cu E, se pornește de la relația acestuia:

$$E = P \cdot \tau, \tag{1}$$

în care P reprezintă puterea necesară realizării mișcării principale de așchiere, iar τ — timpul de prelucrare, mărimi ce se determină cu următoarele relații [1]:

$$P = \frac{F_z \cdot v}{6{,}12 \cdot 10^4}, \tag{2}$$

respectiv

$$\tau = \frac{l}{n \cdot s} \cdot \frac{z_b}{t} \tag{3}$$

În relațiile (2) și (3) s-au făcut următoarele notații:

F_z — forța principală de așchiere; v — viteza de așchiere; l — lungimea piesei ce se prelucrează; z_b — adaosul de prelucrare; n, s, t — parametrii regimului de așchiere (turația, avansul, adîncimea de așchiere).

Dacă se are în vedere relația forței F_z la strunjire sub forma:

$$F_z = C_{F_z} \cdot t^{x_{F_z}} \cdot s^{y_{F_z}}, \tag{4}$$

iar a vitezei de așchiere sub forma:

$$v = \frac{\pi dn}{1000}, \tag{5}$$

în care C_{F_z}, x_{F_z}, y_{F_z} sînt coeficienți ce depind de condițiile concrete de așchiere, iar d — diametrul piesei ce se prelucrează, atunci, prin combinarea relațiilor (1)—(5), se obține:

$$E = Kt^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}-1}, \tag{6}$$

unde K reprezintă o constantă (pentru un material dat) de forma:

$$K = \frac{\pi dlz_b C_{F_z}}{6{,}12 \cdot 10^7} \tag{7}$$

Pentru a se reduce consumul de energie electrică, se pot micșora, așa după cum rezultă din relația (6), fie adîncimea de așchiere, t, fie avansul, s.

Analizînd aceste cazuri pe rînd, rezultă:

— Dacă adîncimea de așchiere t se mărește de a ori, atunci relația (6) devine:

$$E(at) = K(at)^{x_{F_z}} s^{y_{F_z}-1} \tag{8}$$

Pentru a se vedea influența mărimii adîncimii de așchiere asupra consumului de energie electrică, se face raportul relațiilor (8) și (6) și rezultă:

$$\frac{E(at)}{E} = a^{x_{F_z}} \tag{9}$$

*) Dr. ing. Constantin Buzatu este șef de lucrări la Universitatea din Brașov.

— Dacă avansul se măreşte de a ori, după aceeaşi metodică de mai sus, se obţine:

$$\frac{E(as)}{E} = a^{y_{F_z}-1} \qquad (10)$$

Pentru un material dat (de exemplu OLC 45, la care $C_{F_z} = 279$, $x_{F_z} = 1$ şi $y_{F_z} = 0{,}75$), cu dimensiunile $d = 61$ mm, $l = 100$ mm, reprezentarea grafică a relaţiilor (9) şi (10) se prezintă ca în figura 1.

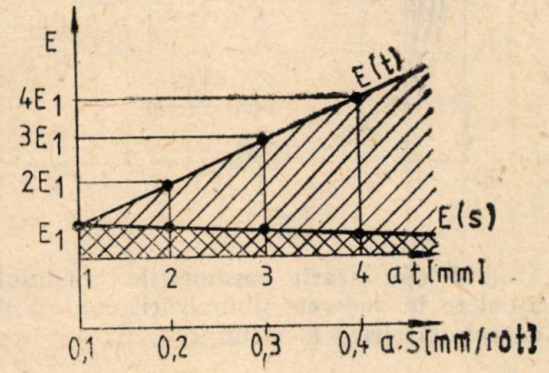


Fig. 1

Din analiza dependenţei prezentate în figura 1 se observă că este economic să se lucreze cu avansuri mărite în detrimentul adîncimii de aşchiere.

Dacă, din anumite cauze tehnologice, se impune ca unul din parametrii t sau s să rămînă constant, atunci reprezentarea grafică a relaţiei (6) se prezintă ca în figurile 2 şi 3.

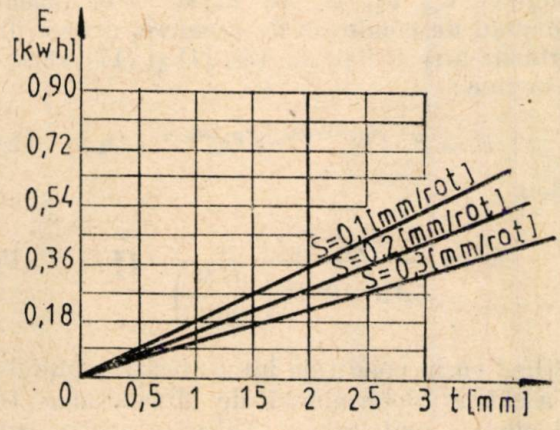


Fig. 2

Din figura 2 se observă că pentru $t = \text{const.}$ consumul de energie electrică se micşorează prin mărirea avansului s, iar din figura 3, pentru $s = \text{const.}$, consumul de energie electrică se reduce prin micşorarea adîncimii de aşchiere t.

Dacă se analizează ce se întîmplă cu mărirea E prin mărirea avansului s de a ori pe seama micşorării de a ori a adîncimii de aşchiere, se obţ

$$E_1 = E\left(as;\ \frac{t}{a}\right) = K\left(\frac{t}{a}\right)^{x_{F_z}} (as)^{y_{F_z}-1}, \qquad (11)$$

respectiv:

$$E_2 = E\left(\frac{s}{a};\ at\right) = K(at)^{x_{F_z}}\left(\frac{s}{a}\right)^{y_{F_z}-1} \qquad (12)$$

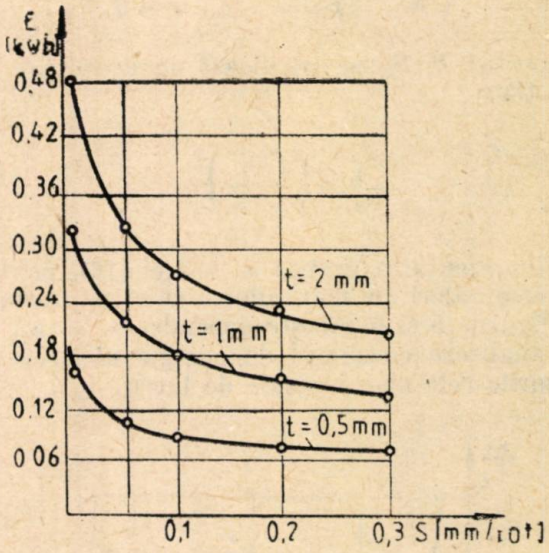


Fig. 3

Pentru compararea celor două mărimi E_1 şi E_2 se face raportul acestora şi se obţine:

$$\frac{E_2}{E_1} = a^{-2(y_{F_z}-1-x_{F_z})} \qquad (13)$$

În aceleaşi condiţii de aşchiere ca mai sus ($x_{F_z} = 1$; $y_{F_z} = 0{,}7$), reprezentarea grafică a relaţiei (13) se prezintă ca în figura 4, care ne permite să analizăm ce se întîmplă cu consumul de energie electrică în diverse situaţii de lucru.

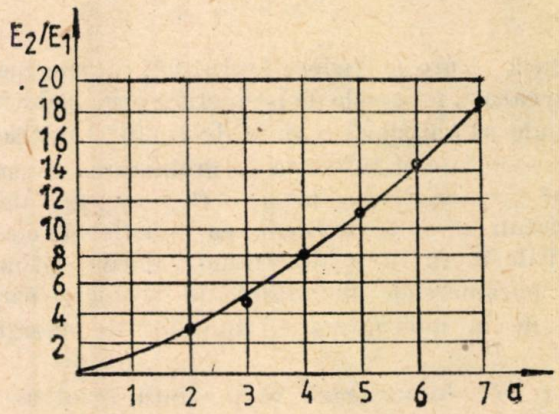


Fig. 4

Pentru cazul general în care mărirea sau micşorarea parametrilor s şi t nu sînt egale ($a \neq x$), se obţine, după metodica de mai sus :

$$E_1 = E\left(as; \frac{t}{x}\right) = K\left(\frac{t}{x}\right)^{x_{F_z}} (a \cdot s)^{y_{F_z}-1} \quad (14)$$

şi respectiv

$$E_2 = E\left(\frac{s}{a}; xt\right) = K(xt)^{x_{F_z}} \left(\frac{s}{a}\right)^{y_{F_z}-1} \quad (15)$$

Raportul E_1/E_2 se calculează în acest caz cu relaţia :

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{a^{y_{F_z}-1}}{x^{x_{F_z}}}\right)^2 \quad (16)$$

Reprezentarea grafică a relaţiei (16), pentru diverse valori ale mărimilor a şi x, se prezintă în figurile 5 şi 6. Aceste dependenţe permit să se analizeze consumul de energie electrică în cazurile cele mai generale de lucru.

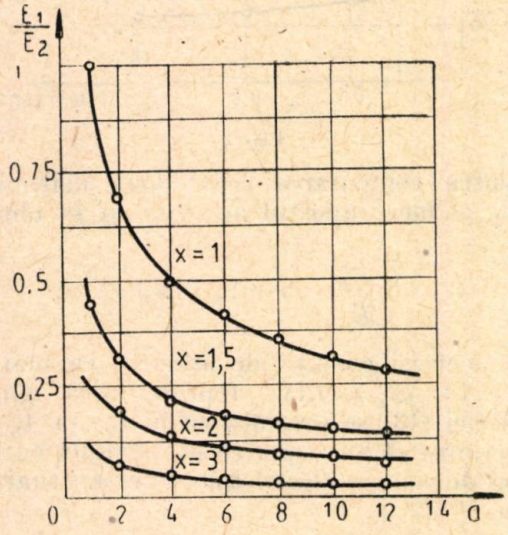


Fig. 5

Dacă se are în vedere faptul că, în cele mai dese cazuri, procesele de prelucrare prin aşchiere trebuie să satisfacă o serie de condiţii restrictive esenţiale şi totodată la prelucrarea diverselor materiale coeficienţii C_{F_z}, x_{F_z}, y_{F_z} sînt variabili, se pune problema ca în astfel de condiţii de lucru să se determine valorile optime ale parametrilor regimului de aşchiere care conduc la micşorarea consumului de energie electrică.

În cele ce urmează se prezintă rezolvarea problemei în conformitate cu condiţiile impuse mai sus.

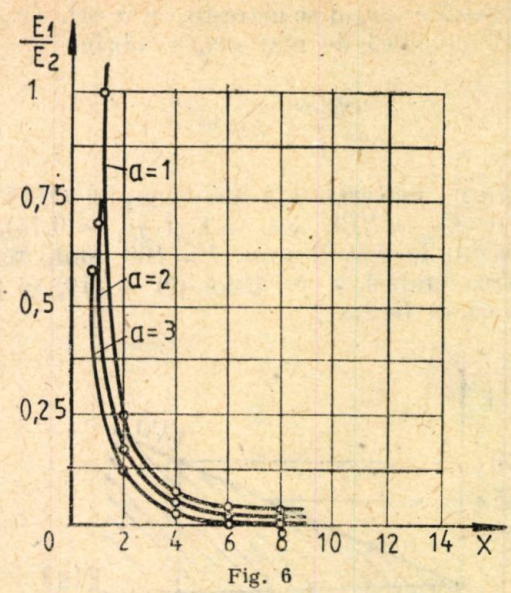


Fig. 6

2. Studiul optimizării parametrilor regimului de aşchiere în vederea minimizării consumului de energie electrică la strunjire

Dacă se ţine seama de faptul că în condiţiile cele mai generale de lucru, viteza de aşchiere v se calculează cu relaţia [2] :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v} \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \prod_{i=1}^{9} k_i, \quad (17)$$

în care T reprezintă durabilitatea sculei aşchietoare, HB — duritatea materialului de prelucrat, C_v, x_v, y_v, m, n, k_i — coeficienţi ce depind de condiţiile de aşchiere, atunci din combinarea relaţiilor (2), (3), (4) şi (17), relaţia (1) devine :

$$E = K' t^{x_{F_z}-x_v-1} \cdot s^{y_{F_z}-y_v-1} n^{-1}, \quad (18)$$

unde :

$$K' = \frac{C_{F_z} \cdot C_v \cdot l \cdot z_b}{6{,}12 \cdot 10^4 T^m \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \cdot \prod_{i=1}^{9} k_i \quad (19)$$

Ştiind că în condiţiile intensificării regimului de aşchiere (determinată de diversitatea tot mai mare a materialelor utilizate pentru construcţia sculelor aşchietoare), oricare din cazurile $x_{F_z} - x_v - 1 \leqslant 1$; $y_{F_z} - y_v - 1 \leqslant 1$, se pune problema determinării valorilor optime ale parametrilor n, t, s pentru ca energia electrică ce se consumă în procesul de aşchiere să fie minimă (sau $1/E$ să fie maximă).

Se ştie [3] că, în cazul funcţiilor de mai multe variabile de forma :

$$Z = X^{\alpha} Y^{\beta} U^{\gamma}, \quad (20$$

maximul funcţiei are loc atunci cînd

$$\frac{X}{\alpha} = \frac{Y}{\beta} = \frac{U}{\gamma} \text{ (dacă } X + Y + U = \text{const.)} \tag{21}$$

Ţinînd seama că $1/E = E'$ se exprimă cu relaţia :

$$E' = \frac{1}{K'} t^{1+x_v-x_{F_z}} s^{1+y_v-y_{F_z}} \cdot n, \tag{22}$$

conform relaţiei (21), maximul funcţiei (22) va avea loc atunci cînd

$$\frac{t}{1 + x_v - x_{F_z}} = \frac{s}{1 + y_v - y_{F_z}} = n, \tag{23}$$

cu condiţia ca $t + s + n = C$ (constant).

Aşa după cum s-a amintit anterior, parametrii regimului de aşchiere trebuie să verifice o serie de relaţii restrictive, cele esenţiale fiind :

— restricţia productivităţii tehnologice Q impuse :

$$nts \geqslant \frac{lz_b}{Q}, \tag{24}$$

— restricţia stabilităţii procesului de prelucrare prin aşchiere [4] :

$$t^{x_F} s^{y_F} \leqslant \frac{g_1 \delta k_d}{2C_F}, \tag{25}$$

în care $g_1 \leqslant 1$ este un coeficient care ţine seama de poziţia dimensiunii de reglaj a sculei în cîmpul de toleranţă δ al piesei şi de influenţa factorilor aleatori care afectează precizia de prelucrare ; k_d — rigiditatea dinamică a sistemului piesei de prelucrat în punctul $x = 0$; x_F, y_F, C_F — constante de aşchiere ;

— restricţia calităţii suprafeţei prelucrate [2] :

$$st^x \leqslant \frac{C_s R_z^y r^u}{\varkappa^z \varkappa_s^{z_1}}, \tag{26}$$

în care C_s, x, u, z, z_1, sînt coeficienţi ce depind de materialul de prelucrat, R_z — rugozitatea impusă piesei ce se prelucrează ; r — raza la vîrful sculei ; $\varkappa$, $\varkappa_s$ — unghiul de atac principal, respectiv secundar al sculei.

Din combinarea relaţiilor (24), (25) şi (26) rezultă că îndeplinirea acestor condiţii restrictive are loc în cazul în care :

$$t \leqslant \left(\frac{g_1 \delta k_d}{2C_F C_1} \right)^{\frac{1}{x_F - xy_F}} = A^{\frac{1}{x_F - xy_F}}, \tag{27}$$

unde

$$C_1 = \frac{C_t R_z^y r^u}{\varkappa^z \varkappa_s^{z_1}}, \tag{28}$$

respectiv,

$$s \leqslant C_1 A^{-\frac{x}{x_F - xy_F}} \tag{29}$$

şi

$$n \geqslant \frac{l \cdot z_b}{QC_1 A^{\frac{1-x}{x_F - xy_F}}} \tag{30}$$

Avîndu-se în vedere că $t + s + n = C$ (constant), rezultă, folosind relaţiile (27), (29) şi (30) la limită, că :

$$C = A^{\frac{1}{x_F - xy_F}} + C_1 A^{-\frac{1}{x_F - xy_F}} + \frac{lz_b}{QC_1} A^{-\frac{1-x}{x_F - xy_F}} \tag{31}$$

Folosind o proprietate a egalităţii mai multor rapoarte, relaţia (23) se poate scrie în felul următor :

$$\frac{t}{1 + x_v - x_{F_z}} = \frac{s}{1 + y_v - y_{Fz}} = n =$$

$$= \frac{t + s + n}{3 + x_v + y_v - (x_{F_z} + y_{F_z})} =$$

$$= \frac{C}{3 + x_v + y_v - (x_{F_z} + y_{F_z})}, \tag{32}$$

de unde rezultă valorile optime ale parametrilor regimurilor de aşchiere care minimizează consumul de energie electrică la strunjire, după cum urmează :

$$t_{op} = \frac{C(1 + x_v - x_{F_z})}{3 + x_v + y_v - (x_{F_z} + y_{F_z})}, \tag{33}$$

$$s_{op} = \frac{C(1 + y_v - y_{F_z})}{3 + x_v + y_v - (x_{F_z} + y_{F_z})}, \tag{34}$$

$$n_{op} = \frac{C}{3 + x_v + y_v - (x_{F_z} + y_{F_z})}, \tag{35}$$

Concluzii

În conformitate cu studiile prezentate mai sus se pot desprinde următoarele concluzii mai importante :

1. În condiţiile în care cerinţele de calitate a producţiei cresc din ce în ce mai mult, iar costul acesteia (şi în special al energiei electrice) trebuie să se micşoreze, se impune cu necesitate ca în rezolvarea acestor probleme să se treacă la folosirea unor metode ştiinţifice moderne de optimizare a tuturor deciziilor ce se iau.

2. Avîndu-se în vedere ponderea foarte mare a prelucrărilor prin aşchiere în întreprinderi, o sursă deosebit de importantă de economisire a energiei electrice o constituie optimizarea parametrilor regimului de aşchiere.

3. Din cercetările întreprinse, se desprinde observaţia că pentru a obţine un consum redus de energie electrică este raţional să se lucreze cu avansuri mărite, în detrimentul adîncimii de aşchiere.

4. Studiile prezentate mai sus pot fi generalizate cu multă uşurinţă şi la alte tipuri de prelucrări, oferind astfel noi posibilităţi la îndemîna tuturor întreprinderilor, simplu de aplicat, pentru economisirea într-o măsură tot mai însemnată a consumului de energie electrică.

Bibliografie

[1] Buzatu, C. *Contribuţii la studiul factorilor care afectează creşterea preciziei pieselor prelucrate prin strunjire şi rectificare exterioară.* Teză de doctorat. Braşov, 1981.

[2] Picoş, C., Ailincăi, G., Bohosievici, C., Pruteanu, O., Coman, G., Braha, V., Paraschiv, D. *Calculul adaosurilor de prelucrare şi al regimurilor de aşchiere.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

[3] Drăghici, G. *Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcţia de maşini.* Editura tehnică, Bucureşti, 1971.

[4] Chiriacescu, T. S. *Contribuţii la studiul stabilităţii dinamice a proceselor de prelucrare pe maşinile-unelte aşchietoare.* Rezumatul tezei de doctorat. I. P. Iaşi, 1971.

(Articol intrat în redacţie la 25 martie 1982)

Consideraţii asupra unor posibilităţi de amenajare a filtrelor absorbante de armonici

Ing. Em. Cocoş *)

1. Tipuri de scheme întîlnite în practica filtrelor absorbante de armonici

În literatura de specialitate [1], [2] sînt menţionate mai multe tipuri de scheme pentru amenajarea filtrelor electrice, principial diferite. Unele dintre acestea realizează, concomitent cu acceptarea unei frecvenţe, blocarea altora, putînd fi utilizate ca filtre mixte, acceptoare pe fundamentală şi refulante pe armonici. Asemenea filtre sînt dezavantajoase din două motive importante : sînt străbătute de întreg curentul de sarcină (filtre de trecere) şi nu contribuie la îmbunătăţirea factorului de putere.

Ca filtre de absorbţie (FA) pentru armonici s-au impus cele bazate pe circuite rezonante L—C serie (CRS), datorită avantajelor pe care le prezintă : simplitate, eficienţă, adaptabilitate la cele mai variate tipuri de consumatori deformanţi, robusteţe şi deci fiabilitate. În general, FA de tipul CRS a fost adoptat de toate firmele care produc echipament pentru filtrarea armonicilor, iar în ţara noastră este singurul tip aflat în exploatare [5]. Numărul treptelor de filtrare şi frecvenţele pe care sînt acordate depind de ponderea armonicilor în curbele curenţilor absorbiţi de consumatorul deformant şi de compoziţia armonică a tensiunii la bara pe care urmează să fie racordat filtrul [3], [4].

Există două posibilităţi de conectare trifazată a CRS, stea şi triunghi, precum şi două tipuri mai cunoscute de scheme pentru conexiunea stea : AEG şi Siemens.

La filtrele de tip AEG, bobinele sînt protejate contra solicitărilor la scurtcircuite de către reactanţele condensatoarelor, plasate în amonte pe braţele CRS. Protecţia la defecte interne în condensatoare (protecţie de bază a filtrului) este realizată ca protecţie diferenţială de tensiune, cu următoarele dezavantaje principale : cost şi complexitate ridicate, posibilitatea amorsării fenomenului de ferorezonanţă pe armonici superioare, între elementele CRS şi înfăşurările transformatorului de tensiune, conectat între fiecare fază — pe intrare în filtru — şi punctul neutru al stelei (simple) a filtrului.

La filtrele de tip Siemens, bateria de condensatoare, plasată în aval de bobine, este divizată în două părţi egale, fiecare legată în stea. Neinfluenţînd funcţionarea CRS, soluţia este deosebit de favorabilă protecţiei la defecte în condensatoare, realizată ca protecţie de dezechilibru şi acţionată de curentul care apare între cele două puncte neutre, atunci cînd cele două ramuri ale capacităţii CRS nu sînt perfect echilibrate. În schimb, amplasarea bobinelor

*) Ing. Emanoil Cocoş lucrează la Centrul de perfecţionare a lucrătorilor din M.E.E. — Constanţa.

înaintea condensatoarelor presupune solicitarea lor puternică la scurtcircuite, deci impune o bună rigidizare mecanică și chiar supradimensionarea secțiunii spirelor, rezultînd bobine scumpe.

La schemele în stea, se preferă funcționarea cu neutrul izolat, pentru diminuarea supracurenților la defecte în elementele filtrului și ieftinirea, pe această cale, a echipamentului.

Conectarea în triunghi a brațelor CRS este mai rar uzitată, deoarece protecția la defecte în condensatoare (prevăzute, de regulă, cu siguranțe fuzibile) este realizată ca protecție diferențială transversală, complexă și scumpă, necesitînd un număr mare de relee și transformatoare de măsură.

2. Posibilități de îmbunătățire a schemelor pentru FA

2.1. *Prezentare generală*

Păstrînd celula de bază de tip CRS, se pot lua în discuție două variante pentru amenajarea FA, reprezentate în figurile 1 și 2.

Aceste scheme păstrează avantajele conexiunii în stea simplă (AEG, de pildă), eliminînd dezavantajele legate de modul de realizare a protecției contra defectelor în condensatoare. Caracteristica comună a celor două scheme o

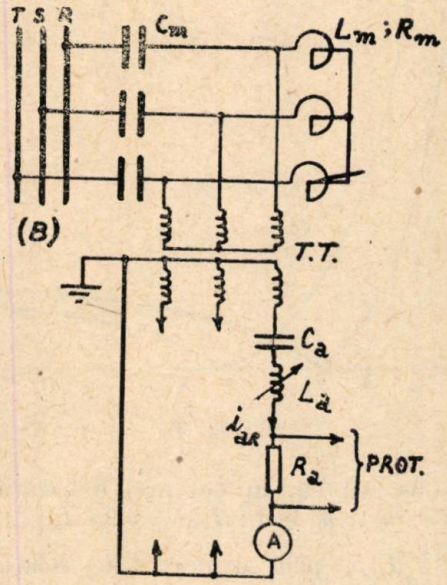


Fig. 1

reprezintă conectarea transformatoarelor de tensiune pe inductanțele CRS, amintind prin această configurație de circuitele tip Boucherot. În circuitele secundare ale TT se realizează măsura curentului filtrat pe armonica de acord și (numai pentru prima schemă) protecția contra defectelor în condensatoare.

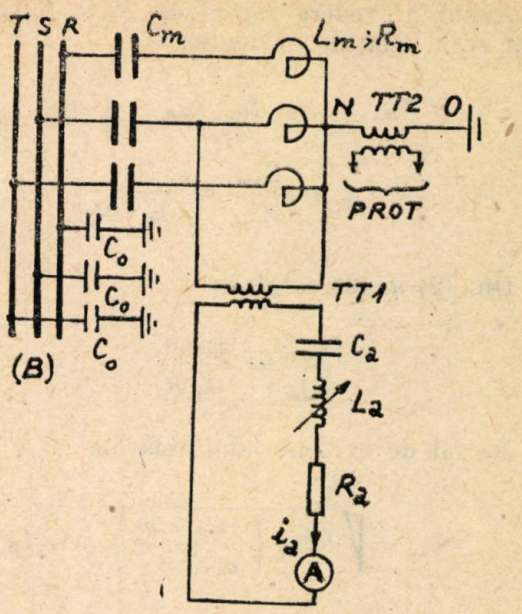


Fig. 2

2.2. *Realizarea măsurii curentului filtrat pe armonica de acord*

În ipoteza acordului exact, pe armonica m, atît pe treapta de filtrare CRS cît și pe circuitele auxiliare, ampermetrele vor măsura cu suficientă acuratețe un curent de armonică m, proporțional cu cel absorbit de ramura respectivă a filtrului; pe oricare din fazele circuitelor auxiliare vom avea:

$$I_a \simeq I_m \qquad (1)$$

Relația (1) exprimă faptul că în curentul I_a nu se găsesc, practic, alte armonici în afara celei de acord, I_{ma}. Această concluzie va reieși din analiza conținutului în armonici al curentului auxiliar, I_a, și se explică prin dubla discriminare la care sînt supuse armonicile $\nu \neq m$, pe circuitele primare și pe cele secundare.

Predeterminarea compoziției armonice a curentului I_a va fi efectuată pe baza schemei din figura 1 — pentru una dintre faze — adăugînd la notațiile menționate, următoarele:

- I_{mm}, $I_{\nu m}$ — curenții de armonică m, respectiv ν, absorbiți de CRS_m;
- I_{ma}, $I_{\nu a}$ — curenții de armonică m, respectiv ν, în circuitul auxiliar;
- Z_{ma}, $Z_{\nu a}$ — impedanțele circuitului auxiliar, pe armonica m, respectiv ν;
- U_{ma}, $U_{\nu a}$ — tensiunile de armonică m, respectiv ν, pe secundarul TT;
- U_{map}, $U_{\nu ap}$ — tensiunile de armonică m, respectiv ν, aplicate primului TT;
- k_T — raportul de transformare al TT;
- ω_1 — pulsația armonicii fundamentale.

Avînd în vedere faptul că $R_m \ll L_m \cdot \omega_1$, se pot scrie relaţiile evidente :

$$U_{map} = m\omega_1 L_m \cdot I_{mm} = U_{mLm} \qquad (2)$$

$$I_{ma} = \frac{U_{ma}}{Z_{ma}} = \frac{U_{map}}{k_T \cdot R_a} \qquad (3)$$

Din (2) şi (3) rezultă :

$$\frac{I_{ma}}{I_{mm}} = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T R_a} \qquad (4)$$

La fel de evidente sînt relaţiile :

$$Z_{\nu a} = \sqrt{R_a^2 + \left(\frac{\nu}{m} - \frac{m}{\nu}\right)^2 m^2\omega_1^2 L_a^2} \qquad (5)$$

$$U_{\nu ap} = \nu\omega_1 L_m I_{\nu m} \qquad (6)$$

$$I_{\nu a} = \frac{U_{\nu a}}{Z_{\nu a}} = \frac{U_{\nu ap}}{k_T \cdot Z_{\nu a}} \qquad (7)$$

Din expresiile (5), (6) şi (7) se obţine cu uşurinţă :

$$I_{\nu a} = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T \cdot R_a} \cdot \frac{I_{\nu m}}{k_{\nu m}}, \qquad (8)$$

în care $k_{\nu m}$ se poate denumi *factor de descriminare în curent de armonică* ν al circuitului auxiliar şi are următoarea expresie :

$$k_{\nu m} = \frac{m}{\nu}\sqrt{1 + \left(\frac{\nu}{m} - \frac{m}{\nu}\right)^2 Q_{oa}^2} \qquad (9)$$

Factorul de calitate al circuitului auxiliar, rezonant pe armonica m, este dat de :

$$Q_{oa} = \frac{m\omega_1 L_a}{R_a} = \frac{1}{R_a}\sqrt{\frac{L_a}{C_a}}$$

În final vom avea pentru circuitul auxiliar :

$$I_{1a} = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T \cdot R_a} \cdot \frac{I_{1m}}{k_{1i}}$$

$$I_{2a} = \frac{m\omega_1 l_m}{k_T \cdot R_a} \cdot \frac{I_{2m}}{k_{2i}}$$

$$\boxed{I_{ma} = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T \cdot R_a} \cdot \frac{I_{mm}}{1}}$$

$$I_a = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T \cdot R_a} \cdot \sqrt{\left(\frac{I_{1m}}{k_{1i}}\right)^2 + \left(\frac{I_{2m}}{k_{2i}}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{I_{mm}}{1}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{I_{\nu m}}{k_{\nu i}}\right)^2} \qquad (10)$$

Pentru a aprecia ponderea termenilor de sub radical în raport cu termenul de bază I_{mm}^2, trebuie luate în discuţie :

— valorile $I_{\nu m}(\nu \neq m)$, comparativ cu valoarea I_{mm} ;

— valoarea $k_{\nu m}$ în funcţie de ν.

Curenţii de armonică $\nu \neq m$ sînt puternic restricţionaţi de filtru. Valorile lor depind de spectrul de armonici al tensiunii pe bara de racord a FA, de existenţa (în funcţiune) a altor trepte de filtrare precum şi de ordinul armonicii, ν. Chiar, însă, în condiţiile cele mai dezavantajoase, curenţii $I_{\nu m}(\nu \neq m)$ nu reuşesc să depăşească 20—25 % din valoarea I_{mm} [6]. Variaţia $k_{\nu m}(\nu)$ poate fi studiată luînd în considerare diverse valori uzuale pentru factorul Q_{oa}. În figura 3 sînt reproduse curbele $k_{\nu m}(\nu)$ pentru $m_1 = 5$ şi $m_2 = 7$ iar $Q_{oa} = 20$, pe baza datelor din tabelul 1, la obţinerea cărora s-a folosit formula (5).

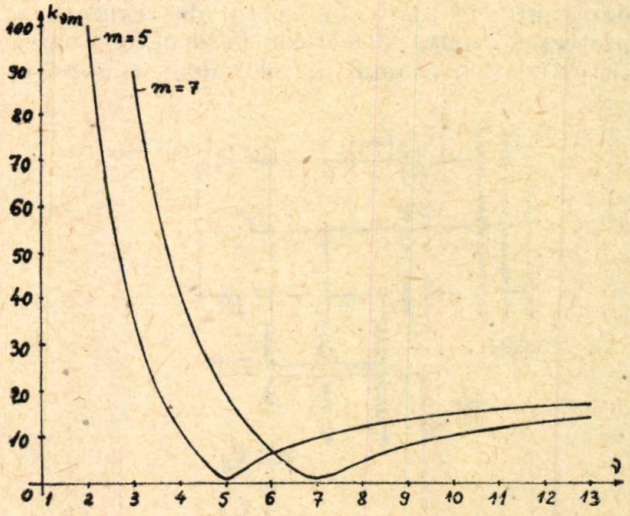


Fig. 3

Se observă că, în cel mai defavorabil caz ($m = 7$; $\nu = m + 1$; $I_{\nu m} = 0{,}25\ I_{mm}$), rezultă $I_{\nu a} < \frac{1}{19} I_{ma}$; prin urmare, în relaţia (10), toţi termenii de sub radical pot fi neglijaţi în raport cu cel principal, I_{mm}^2. De aceea :

$$I_a \simeq I_{ma} = \frac{m\omega_1 L_m}{k_T R_a} \cdot I_{mm}, \text{ q.e.d} \qquad (10')$$

Faţă de exemplele analizate mai sus, în practică pot fi obţinute rezultate superioare, în

Tabelul 1

Variația k_{vm} (v) pentru $m_1=5$ și $m_2=7$, la $Q_{oa}=20$

v / m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	∞
5	480	105	35,6	11,3	1	6,17	9,83	12,2	13,75	15	15,74	17,04	20
7	960	225	88,9	41,3	19,25	7,33	1	4,78	8,08	10,15	11,9	14,22	20

trucît factorul Q_{oa} poate fi majorat proporţional cu ordinul armonicii tratate, m.

Se mai observă că, în ceea ce priveşte fundamentala, aceasta este cel mai puternic restricţionată pe circuitul auxiliar. În plus, pe primarul TT se aplică o tensiune de armonică 1, calculabilă cu relaţia cunoscută:

$$U_{1L_m} = \frac{1}{m^2 - 1} U_{1B} \qquad (11)$$

Prin urmare, armonica 1 este puternic restricţionată şi ca tensiune aplicată TT. Spre exemplu, dacă $U_{1B} = 3500$ V (tensiune pe fază), rezultă pentru $m = 5$, $U_{1L_m} \simeq 146$ V. Această valoare poate fi considerabil inferioară tensiunii de armonică 5. Astfel, dacă $L_5 = 4 \cdot 10^{-3}$H şi $I_{5\cdot5} = 50$ A (valori uzuale), rezultă: $U_{5L_a} = 5\omega_1 L_5 I_{5.5} \simeq 314$ V. De aici, o concluzie interesantă: tensiunea nominală a primarului TT poate fi aleasă sub valoarea tensiunii nominale a barelor de racord, obţinîndu-se un avantaj economic cu atît mai important, cu cît tensiunea instalaţiei primare este mai ridicată. Soluţia aceasta este sigur aplicabilă filtrelor cu neutrul stelei legat la pămînt.

Sarcina pe secundarul TT poate fi determinată cu relaţia (10′) iar condiţia de dimensionare a TT se exprimă cu

$$S_{2TT} = \frac{3}{k_T} \cdot U_{mL_m} I_a < S_{2N} \qquad (12)$$

Din (10′) şi (12) rezultă condiţia:

$$S_{2TT} = 3 \cdot \frac{m\omega_1 L_m}{k_T^2 R_a} U_{mL_m} I_{mm} < S_{2N} \qquad (12')$$

În exemplul anterior, luînd $R_a = 50\ \Omega$ şi $k_T = 30$, se obţine:

$$I_a \simeq 0{,}21 \text{ A}$$

$$S_{2TT} \simeq 6{,}6 \text{ VA} < S_{2N}$$

Se poate observa că, în mod obişnuit, solicitarea TT este redusă, deci condiţia de dimensionare, uşor de respectat pentru TT din fabricaţia curentă.

În legătură cu partea de măsură a circuitelor auxiliare, se remarcă următoarele aspecte:

— măsurarea curentului filtrat, pe armonica de acord a treptei, conform soluţiei prezentate, înlătură necesitatea măsurării acestui curent prin utilizarea transformatoarelor de intensitate montate în circuitul primar al filtrului (inclusiv al filtrelor din circuitele secundare respective);

— dacă măsurarea curentului filtrat, pe armonica de acord, este suficientă pe o singură fază, se poate realiza cu un singur ampermetru;

— acordarea perfectă a circuitelor auxiliare se poate face de la tabloul de comandă, pe care sînt montate inductanţele L_a, cu reglaj individual sau unic (în bloc); întrucît acordul se realizează prin urmărirea valorii maxime indicate de ampermetru, este necesar ca acest aparat să poată fi comutat pe oricare dintre cele trei circuite — atunci cînd reglajul se realizează individual, pe fiecare fază în parte (preferabil).

2.3. *Realizarea protecţiei contra defectelor interne în condensatoare*

Se vor analiza două variante pentru această protecţie, corespunzînd schemelor din figura 1 (varianta A) şi din figura 2 (varianta B).

Varianta A

În condiţii normale de funcţionare (cu echipamentul de filtrare în bună stare), sub un regim deformant practic simetric pe armonica m, cele trei faze ale CRS_m vor prelua aproximativ acelaşi curent de armonică m, I_{mm}. În circuitele auxiliare vor circula curenţi de aceeaşi valoare I_{am}; protecţia nu trebuie să lucreze.

Dacă un condensator din completul C_m se defectează (în general poate fi vorba de străpungere), capacitatea C_m se modifică, devenind C'_m:

$$C'_m = C_m(1 + \delta_c) \qquad (13)$$

În această expresie, δ_c este un coeficient de variaţie minimă a capacităţii filtrului, prin defectarea unui condensator. Se remarcă urmă-

torul aspect : indiferent de schema de conectare a condensatoarelor ce compun C_m, $-1 \leqslant \delta_c \leqslant +1$.

Reactanţa CRS_m, egală cu zero înainte de apariţia defectului, va deveni :

$$X'_m = mL_m \cdot \omega_1 - \frac{1}{mC'_m\omega_1} = \frac{1}{mC_m\omega_1}\left(\frac{\delta_c}{1+\delta_c}\right) \tag{14}$$

Se observă că, pe măsură ce $|\delta_c|$ capătă o valoare mai mare, creşte şi reactanţa CRS_m pe faza afectată, consecinţa cea mai însemnată fiind scăderea curentului filtrat pe armonica m :

$$I'_{mm} < I_{mm} \tag{15}$$

Se vor modifica valorile curenţilor de armonică m şi pe celelalte două faze ale treptei, întrucît, indiferent de regimul de funcţionare, se respectă relaţia

$$\underline{I}_{mmR} + \underline{I}_{mmS} + \underline{I}_{mmT} = 0 \tag{16}$$

Important rămîne faptul că pe faza afectată de deteriorarea unui condensator, impedanţa FA creşte considerabil faţă de valoarea anterioară (R_m) şi curentul absorbit pe armonica m va scădea corespunzător, în raport cu curenţii absorbiţi de celelalte faze; disproporţia se creează în aceeaşi măsură şi în circuitele auxiliare, de măsură şi protecţie. Această disproporţie depinde, evident, de „ambianţa electrică" a treptei CRS_m, adică de : impedanţa sistemului, măsurată la bara B, pe armonica m, natura surselor deformante din zonă, existenţa altor trepte de filtrare (în funcţiune) etc. Evident, amploarea disproporţiei curenţilor depinde şi de valoarea rezistenţei R_m.

În circuitele de măsură şi de protecţie va fi sesizată o scădere a tensiunii pe rezistenţa R_a de pe faza cu condensatorul defect, în raport cu celelalte două faze. Această disproporţionare poate fi introdusă printr-un traductor (adaptor), într-un releu electronic cu elemente logice, care să realizeze funcţia de transfer :

$$y = x_1x_2\bar{x}_3 + x_1\bar{x}_2x_3 + \bar{x}_1x_2x_3 \tag{17}$$

În figura 4 este reprodusă schema logică a unui asemenea releu, conectat la bornele notate cu „PROTECŢIE" pe schema din figura 1, prin intermediul adaptorului sus-menţionat; necesitatea acestuia, ca etaj intermediar între circuitele auxiliare şi releu, se explică prin faptul că releele logice lucrează cu mărimi discrete iar tensiunile la bornele rezistenţelor R_a au o variaţie continuă, în raport cu sarcina, sau în trepte dependente ca valoare de starea filtrului.

În conformitate cu cele expuse, protecţia va lucra numai la defectarea unui condensator pe o singură fază (defectele simultane pe faze diferite sînt, practic, excluse) şi nu va lucra la scăderi simultane ale sarcinii FA pe două faze diferite. Dezechilibrele de scurtă durată ale

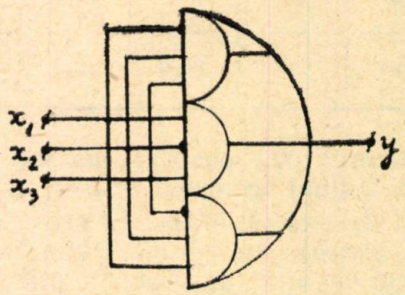


Fig. 4

sarcinii pe armonica de acord, în cele trei faze ale treptei, nu trebuie să conducă la acţionarea protecţiei, deziderat ce poate fi îndeplinit prin introducerea unei temporizări, fie în etajul adaptor, fie după releul propriu-zis. Acelaşi lucru se poate obţine şi prin modificarea reglajului mărimilor de acţionare pe etajul adaptor, avînd grijă să nu se desensibilizeze protecţia, la defectarea chiar şi a unui singur condensator. Reglarea protecţiei se poate face după măsurări şi probe, cu ocazia primei puneri în funcţiune a echipamentului de filtrare şi compensare.

Varianta B

Presupunînd că sarcina filtrului pe armonica de acord, m, este simetrică iar condiţiile de funcţionare, normale, punctele N şi O ale schemei (fig. 2) vor fi echipotenţiale pe această armonică : $\underline{U}_{mNO} = 0$. În condiţii anormale de funcţionare, create de defectarea unui condensator, punctul neutru N al filtrului se va deplasa; tensiunea $\underline{U}_{mNO}$ poate fi determinată cu teorema potenţialului punctului neutru :

$$\underline{U}_{mNO} = \frac{\underline{U}_{mR}\cdot\underline{Y}_R + \underline{U}_{mS}\cdot\underline{Y}_S + \underline{U}_{mT}\cdot\underline{Y}_T}{\underline{Y}_R + \underline{Y}_S + \underline{Y}_T} \tag{18}$$

în care $\underline{U}_{mR}$, $\underline{U}_{mS}$, $\underline{U}_{mT}$ sînt tensiunile de armonică m pe cele trei faze, la bara B, iar $\underline{Y}_R$, $\underline{Y}_S$ şi $\underline{Y}_T$, admitanţele pe cele trei faze ale CRS_m, în ipoteza defectării unui condensator pe faza T :

$$\underline{Y}_R = \underline{Y}_S = \frac{1}{R_m}; \quad \underline{Y}_T = \frac{1}{R_m + jX'_m};$$

$\underline{X}'_m$ este dat de (14).

După efectuarea calculelor, rezultă :

$$\underline{U}_{mNO} \simeq -j\frac{1}{\dfrac{3R_mC_m m\omega_1}{\delta_c} + j^2}\cdot\underline{U}_{mT}$$

În figura 5 se reprezintă fazorial, în planul armonicii m, cazul analizat. Pe armonica fundamentală, deplasarea neutrului filtrului se obține pe aceeași cale, ținînd seama de faptul că impedanțele CRS_m sînt, în acest caz :

$$\underline{Z}_{1R} = \underline{Z}_{1S} = R_m + j\left(L_m\omega_1 - \frac{1}{C_m\omega_1}\right)$$

$$\underline{Z}_{1T} = R_m + j\left(L_m\omega_1 - \frac{1}{C'_m\omega_1}\right)$$

În final :

$$\underline{U}_{1NO} \simeq \frac{\delta_c}{3 + \delta_c}\,\underline{U}_{1T} \qquad (19)$$

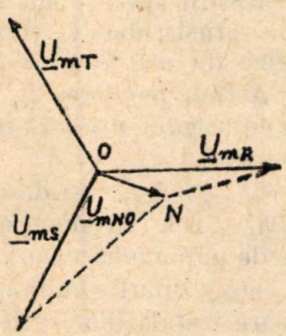


Fig. 5

Exemplu de calcul

Luînd aceleași date din exemplul de la 2.2. : $m = 5$, $U_{1B} = 3500$ V (tensiune pe fază), $L_5 = 4 \cdot 10^{-3}$ H, la care se adaugă : $\delta_c = 0{,}05$, $R_m = 0{,}1\ \Omega$, $C_m = 101{,}1\ \mu$F, $U_{mB} = 0{,}025$, U_{1B} — valoare maximă admisă conform PE 143/80, se obține :

$$\left.\begin{aligned} U_{mNO} &= 0{,}45 \cdot U_{mB} \simeq 39{,}4\ \text{V} \\ U_{1NO} &= 0{,}01665\ U_{1B} \simeq 58{,}3\ \text{V} \end{aligned}\right\} \Rightarrow U_{NO} = \sqrt{U_{1NO}^2 + U_{mNO}^2} \simeq$$

$$\simeq 70{,}4\ \text{V}$$

Dacă $TT2$ are raportul de transformare : $\dfrac{6000}{\sqrt{3}} \Big/ \dfrac{100}{\sqrt{3}}$ V, la bornele înfășurării secundare se culege tensiunea $U_{NOp} = \dfrac{70{,}4}{60} \simeq 1{,}17$ V, care poate acționa un releu sensibil, de preferință electronic.

Se observă că, în acest exemplu, nu s-au luat în considerare contribuțiile celorlalte armonici la formarea U_{NO}, întrucît, practic, aportul lor este neglijabil : ponderea tensiunilor de armonică $\nu \neq m$ pe bara B este comparabilă cu cea a armonicii m, în schimb, impedanța opusă de CRS_m curenților de armonică $\nu \neq m$ este cu mult mai mare și dezacordarea pe o fază, a treptei m, afectează prea puțin circulația acestora, rezultînd $U_{\nu NO} \ll U_{mNO}$. La această concluzie se poate ajunge relativ simplu, pe aceeași cale uzitată în calculareа U_{mNO} și U_{1NO}.

Sînt de remarcat următoarele aspecte :

— tensiunea U_{NO} care apare la defectarea unui condensator depinde de valoarea coeficientului δ_c, prin urmare reglajul releului din secundarul $TT2$ se corelează cu δ_c, deci cu schema de conectare a condensatoarelor CRS_m ;

— la calcularea exactă a deplasării neutrului filtrului trebuie luate în considerare și căderile de tensiune pe capacitățile de serviciu ale rețelei legate galvanic la bara de racord a FA ;

— protecția trebuie desensibilizată la tensiunile de armonică 3 k ($k = 1, 2, 3, \ldots$) ce apar în U_{NO} și care formează sisteme homopolare, neanulîndu-se pe steaua filtrului, ci persistînd în tensiunea U_{NO}, chiar la regimuri normale de funcționare (fără defecțiuni). Aceste tensiuni sînt, în general, neglijabile dacă, așa cum se obișnuiește, sînt stinse cu ajutorul înfășurărilor în triunghi ale transformatoarelor racordate la bara B ;

— schema de protecție analizată lucrează și la apariția unor dezechilibre în tensiunile de pe bara B, cauzate, de exemplu, de slăbirea izolației față de pămînt a unei faze. Acesta trebuie considerat un avantaj al schemei, întrucît ferește elementele filtrului de supratensionarea izolației între faze și masă. De asemenea, schema va acționa și la defecte (scurtcircuite) nesimetrice în instalația legată galvanic la bara B, inclusiv la defecte pe celula filtrului, ceea ce reprezintă, iarăși, un avantaj ;

— un alt avantaj — economic — al schemei, provine din faptul că $TT2$ realizează și protecția la tensiune reziduală a FA, nefiind necesară montarea altui transformator de tensiune pe CRS, în același scop ;

— reglajul protecției se poate face, practic, după măsurări și probe, cu ocazia primei puneri în funcțiune a instalației.

3. Rezultatele unor verificări practice

S-au efectuat măsurători pe o machetă de FA pentru armonica 5, monofazică, racordată la rețeaua de 220 V, în prezența unui consumator deformant ; schema electrică a standului este reprodusă în figura 6.

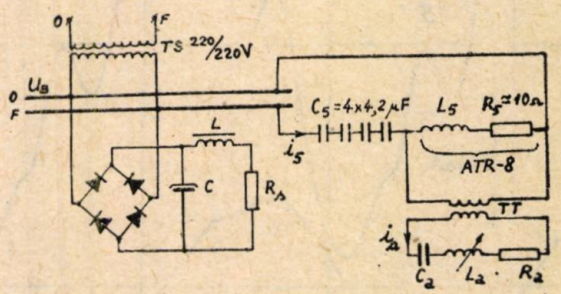


Fig. 6

Schema de amenajare a FA corespunde, ca principiu, cu cea din figura 1. Transformatorul de separație TS are rolul de a majora reactanța de legătură cu sistemul a barei D și accentuează

astfel regimul deformant. Au fost studiate două cazuri:

a) CRS_5 acordat perfect (reglaj continuu al inductanței, constituită, practic, dintr-un autotransformator ATR-8);

b) CRS_5 dezacordat, prin șuntarea unui condensator din completul C_5, simulînd străpungerea acestuia.

S-au oscilografiat mărimile: u_B, i_5, i_a în cele două cazuri (oscilogramele din figurile 7 *a* și *b*), iar rezultatele măsurătorilor, inclusiv analiza armonică a curenților i_5 și i_a, sînt cuprinse în tabelul 2.

Tabelul 2

ν	Cazul A			Cazul B		
	$i_{\nu 5}$(mA)	$i_{\nu a}$(mA)	$i_{\nu a}$(mA) teoretic	$i'_{\nu 5}$(mA)	$i'_{\nu a}$(mA)	$i'_{\nu a}$ (mA)teoretic
1	66,43	0,78	0,35	90,67	0,88	0,48
3	19,54	1,69	1,39	33,71	2,96	2,39
5	7,85	11,94	11,90	6,61	10,23	10,02
7	4,70	0,82	1,20	4,47	1,07	1,15
9	1,64	0,19	0,30	2,06	0,24	0,38
11	0,45	0,11	0,07	1,32	0,07	0,21
13	0,57	0,14	0,08	0,30	0,12	0,05
	i_5(mA)	i_a(mA)	–	i'_5(mA)	i'_a(mA)	–
Total	69,87	12,11	–	97,09	10,74	–
Măsurat direct	75	12	–	100	10,5	–

În interpretarea rezultatelor simulării, trebuie să se țină seama de următoarele observații:

— rezistența R_5 are, în machetă, o valoare mult mai ridicată în raport cu instalațiile reale de filtrare, ceea ce a făcut să scadă considerabil ponderea curentului filtrat pe armonica de acord *5*, precum și sensibilitatea schemei de protecție, la defectarea unui condensator: curentul i_a scade cu 12,5% (de la 12 mA la 10,5 mA — valori măsurate), în timp ce capacitatea C_5 crește cu 33,3% (de la 1,05 μF la 1,4 μF);

— circuitul auxiliar utilizat, avînd un coeficient de calitate relativ redus ($Q_{oa} \simeq 12$), restrictivitatea acestui circuit față de armonicile $\nu \neq 5$ rămîne totuși ridicată, permițînd măsurarea cu suficientă acuratețe a curentului de armonică *5*. Astfel, ponderea i_{5a} în i_a este de 98,6%, ceea ce asigură precizia necesară practic în măsurarea i_5;

— faptul că $i_{5a} > i_{5.5}$, se datorează condițiilor simulării — cele sus-menționate, precum și cele create de impunerea valorilor unor parametri (k_T, L_m etc.), diferite cu mult față de cele corespunzătoare instalațiilor reale;

— abaterea armonicilor de curent în circuitul auxiliar, de la valorile teoretice (predeterminate), se explică prin dependența L_a, C_a și R_a în raport cu frecvența.

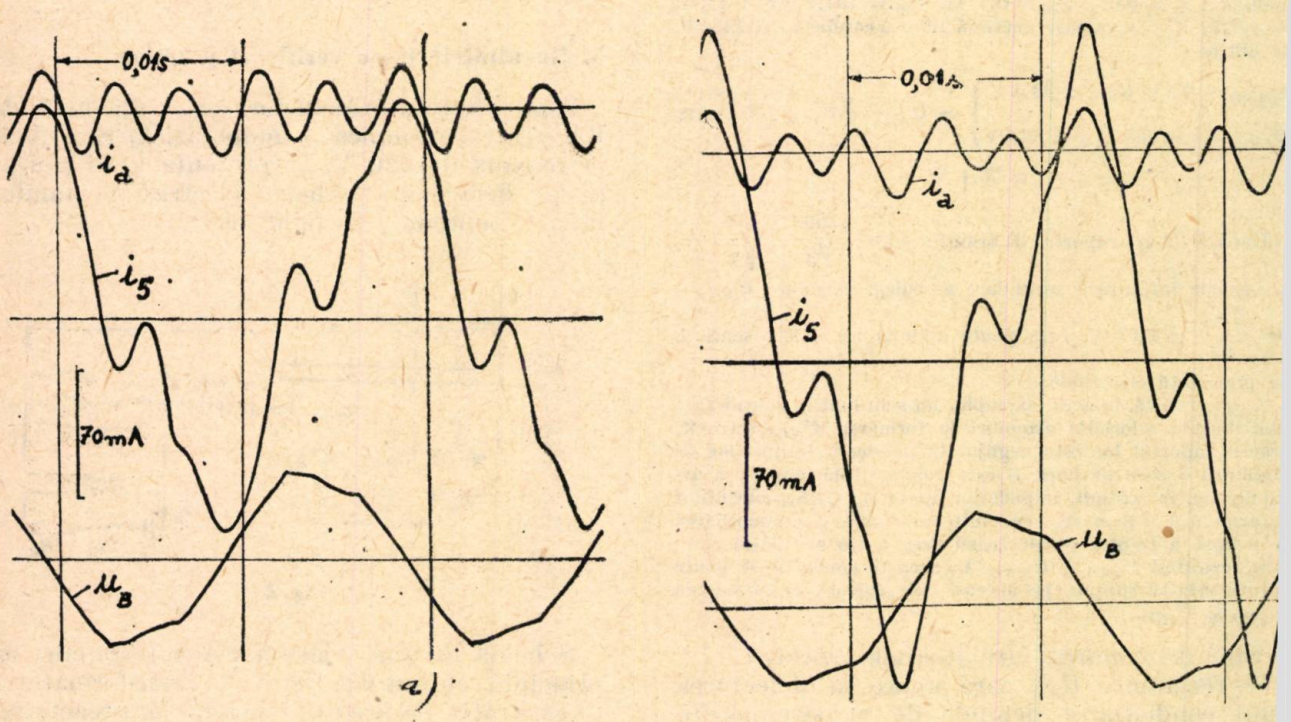


Fig. 7

Valorile teoretice ale armonicilor de curent în circuitul auxiliar au fost determinate cu (8) și (9), avînd $Q_{oa} = 12$.

Concluzii

Există posibilități pentru îmbunătățirea schemelor de FA bazate pe circuite rezonante serie. Variantele expuse și analizate prezintă avantaje evidente în rezolvarea eficientă a măsurării curentului filtrat pe armonica de acord și protejării echipamentului.

A fost experimentată practic, în machetă, schema de măsurare și protecție cu circuit auxiliar rezonant alimentat de un transformator de tensiune conectat la bornele inductanței filtrului (fig. 1) și rezultatele au confirmat concluziile analizei teoretice. Se menționează că această soluție este deosebit de avantajoasă la conectarea în triunghi a FA.

În condițiile extinderii utilizării FA pentru compensarea regimului deformant, apare interesantă fabricarea de echipament de măsură și protecție, specific filtrelor de armonici.

Bibliografie

[1] Iliceto, F., Ainsworth, J. D., Goodrich, F. G. *Quelques aspects de conception de filtres d'harmoniques pour lignes de transport à H.T. à courant continu.* Rapport CIGRE 405 – 1965.

[2] Neimann, L. R., Kalantarov, P. L. *Bazele teoretice ale electrotehnicii.* Editura energetică de stat, București, 1978.

[3] Cocoș, Em. *Considerații privind dimensionarea filtrelor absorbante.* În : Energetica, 28, nr. 7, 1980.

[4] * * * *Normativ privind limitarea regimului deformant.* M.E.E. – ICEMENERG, 1980.

[5] * * * *Studiu privind filtrele de armonici, absorbante și refulante, pentru limitarea regimului deformant în sistemul electroenergetic.* ICPE, București, lucrarea nr. 571/1975.

[6] * * * *Analiza situației energetice și a regimului deformant, inclusiv comportarea filtrelor din dotare la cîțiva consumatori tipici.* ISPE, București, 1976.

(Articol intrat în redacție la 19 ianuarie 1982)

Reducerea și eliminarea consumului de hidrocarburi

Arderea cărbunelui brun cu conținut ridicat de cenușă, fără suport de hidrocarburi

Dr. ing. T. Popa,
Ing. Cr. Totolo,
Ing. I. Müller*)

Calitatea cărbunelui cu care se alimentează centralele electrice are o tendință de înrăutățire continuă, ca urmare a valorificării intensificate a tuturor resurselor existente și a mecanizării extracției prin mașini de mare productivitate. De exemplu, în anul 1980, puterea calorică inferioară a cărbunelui ars în centrala electrică Rovinari a fost în medie de 6000 kJ/kg. Dificultățile produse de scăderea calității medii sînt agravate de variația în limite foarte largi a calității curente. Este semnificativă, în această privință, cota de 12% din cantitatea totală de cărbune, livrată centralei cu o putere calorică inferioară coborîtă sub 5000 kJ/kg. Uniformizarea calității este dificil de realizat, atît datorită numărului foarte mare de puncte de alimentare, cît și volumului mare al investițiilor necesar în acest scop.

Cărbunele brun din principalul bazin carbonifer se caracterizează printr-un conținut mare de umiditate, și anume în jurul valorii de 40%. Umiditatea variază între 35 și 45%. Conținutul de cenușă este ridicat, atingînd valori de pînă la 60% raportat la masa uscată. Conținutul de materii volatile raportat la masa combustibilă este de circa 60%, iar conținutul de hidrogen raportat la masa combustibilă este de 6 %. Din punct de vedere petrografic, o parte din straturi conțin cărbuni bruni pămîntoși, iar o parte au o structură lignitică. Conținutul mediu de xilită este de 11,3%.

Prepararea și arderea în suspensie a lignitului se pot face într-una dintre cele patru scheme cunoscute [1].

În centralele electrice din România se utilizează exclusiv schema cu insuflare directă. Dacă se încadrează cărbunele brun din bazinul Oltenia în diagrama de delimitare a zonelor de aplicare a celor patru scheme [1], se constată că o parte însemnată din banda de calitate se situează într-o zonă neîncadrată în unul dintre cele patru domenii preferențiale (fig. 1).

La alegerea schemei de ardere a unui sort de cărbune poate fi utilizată, pentru comparație cu alte sorturi de cărbune, o putere calorică virtuală a masei combustibile, care se determină ținînd seama de efectul inertizant al balastului însoțitor. Acest balast se compune din vaporii de apă rezultați din uscarea cărbunelui în moară, din gazele de uscare, din umiditatea restantă a prafului și din conținutul de cenușă. Efectul inertizant al balastului poate fi conceput ca o diminuare a energiei de

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

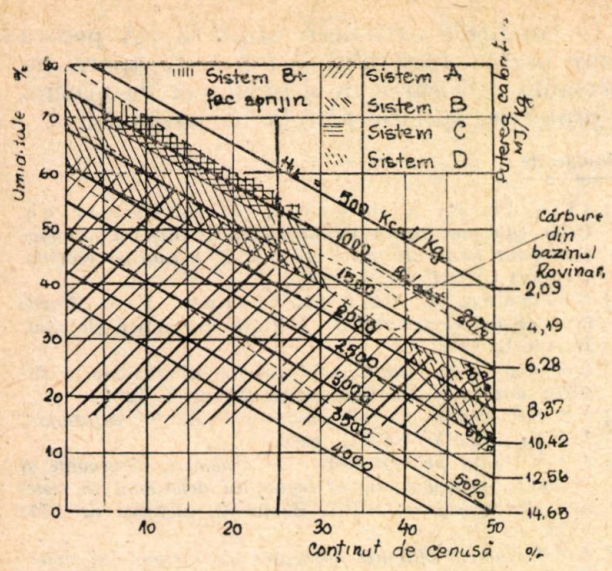


Fig. 1. Încadrarea cărbunelui brun de Rovinari în domeniile de utilizare a sistemelor de ardere [1] :
sistem *A* : insuflare directă ; sistem *B* : insuflare directă cu concentrator de praf ; sistem *C* : insuflare semidirectă ; sistem *D* : insuflare semiindirectă.

aprindere cedate sub formă de căldură de către amestec, ca o autorăcire a acestuia, care poate duce la stingerea flăcării [2].

Cărbunele cu putere calorică de 6000 kJ/kg, menționat la început, are o putere calorică virtuală a masei combustibile, Q_{iv}^{mc}, în cazul insuflării directe, de 15 950 kJ/kg, în comparație, de exemplu, cu 14 550 kJ/kg — puterea calorică virtuală a masei combustibile a cărbunelui ars în centrala Ptolemaïs din Grecia. Aceasta are $Q_i = 5480$ kJ/kg, $W = 57{,}2\%$, $A = 13\%$ [3]. În centrala Ptolemaïs se utilizează în mod eficient sistemul de insuflare directă cu concentrator. Prin utilizarea concentratorului, Q_{iv}^{mc} crește la acest cărbune la valoarea de 17 200 kJ/kg, iar la centrala Rovinari ar crește la 17 400 kJ/kg. Cărbunii asemănători cu cei din bazinul Ptolemaïs se ard în mod eficient cu concentrator de praf în centrala Mariţa Iztok 3 din R. P. Bulgaria [4]. Cărbunii din bazinele Rovinari, Ptolemaïs și Mariţa sînt cărbuni bruni tineri cu conținut similar de materii volatile, ceea ce justifică comparația între puterile calorice virtuale ale masei combustibile și sistemele de ardere adoptate.

Din experiența de exploatare a centralei Rovinari, ca și din experiența de peste hotare rezultă că sistemul direct de insuflare aplicat nu poate asigura arderea stabilă, fără foc de sprijin, a cărbunilor cu banda de calitate actuală.

Condițiile de aprindere pot fi ameliorate prin aplicarea unor scheme de insuflare (fig. 2) în care se separă o parte din componentele inerte ale amestecului gaze-praf de cărbune evacuat din moară. Separarea se face în schema de insuflare directă cu concentrator printr-un element plasat în conducta de amestec, care îi imprimă acestuia o mișcare elicoidală. Cea mai mare parte a prafului se separă spre periferie sub efectul forței centrifuge și se insuflă prin arzătorul principal împreună cu un volum redus de gaze inerte. Restul de praf, cu cea mai mare parte a gazelor inerte, se insuflă în focar deasupra arzătorului principal.

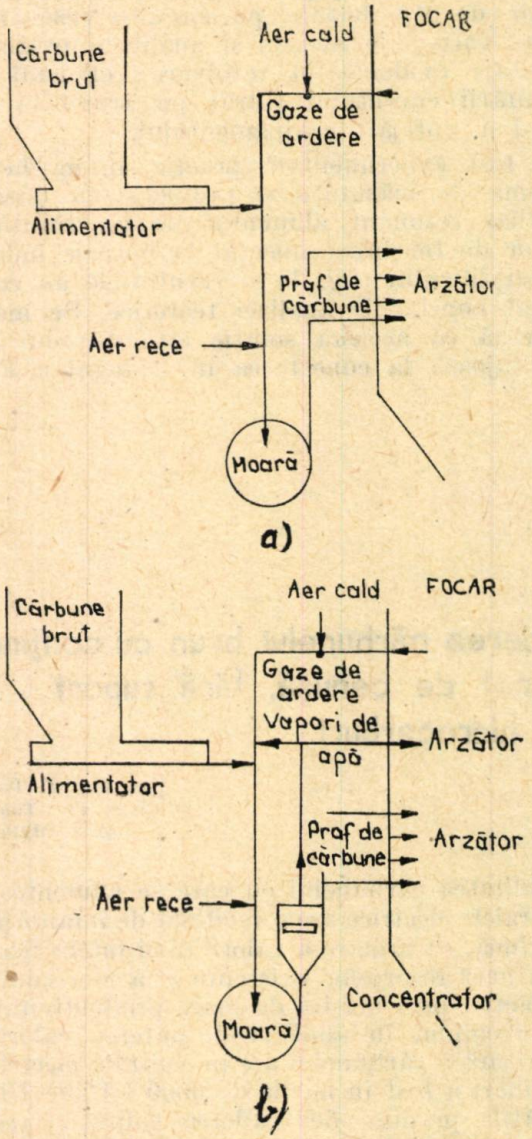


Fig. 2. Scheme de insuflare utilizate la cazanele funcționînd cu cărbuni inferiori.
a — schema cu insuflare directă ; *b* — schema cu concentrator de cărbune-praf

În schema de insuflare semidirectă se produce, cu ajutorul unor palete deflectoare, o concentrare a prafului mai mică decît în schema precedentă.

Partea diluată este introdusă în aparate de separare (ciclon și/sau electrofiltru). Prafu separat se insuflă cu aer, ca foc de sprijin, la baza arzătorului principal, iar gazele inerte separate în electrofiltru, se evacuează în atmosferă.

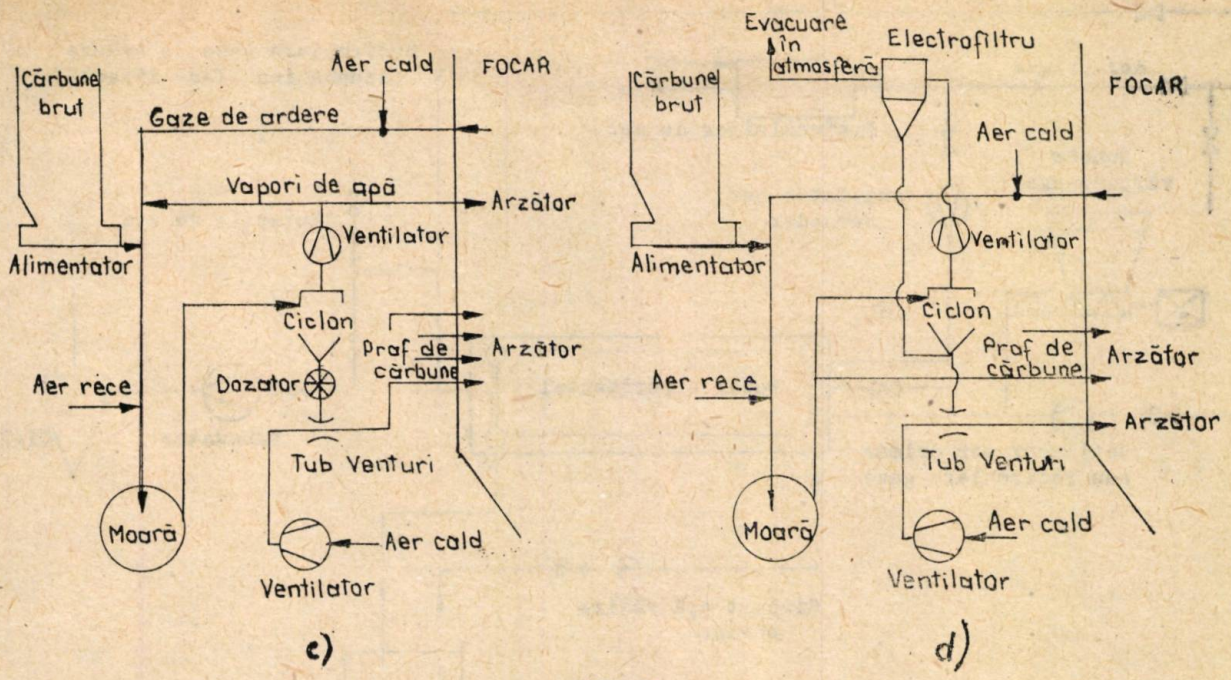


Fig. 2

c — schema cu insuflare semiindirectă (sistem închis); *d* — schema cu insuflare semiindirectă (sistem deschis).

În schema de insuflare semiindirectă, întreg amestecul după moară este trecut prin ciclon în care se separă circa 90% din praful de cărbune, care se insuflă cu aer în arzătorul principal. Gazele inerte, cu restul de praf, se insuflă în focar deasupra acestuia.

În afară de schemele de insuflare perfecționată, se aplică, în unele cazuri, un brîu de aprindere în zona arzătoarelor, prin acoperirea țevilor de ecran din zona arzătoarelor cu masă refractară. Condițiile de aprindere sînt astfel ameliorate, prin micșorarea efectului de răcire al ecranelor în zona arzătoarelor.

La o primă examinare a datelor existente ar rezulta oportun să se aplice schema de insuflare directă cu concentrator. Totuși, în programul de cercetare adoptat s-a aplicat schema de insuflare semiindirectă. Alegerea a fost determinată de mai multe considerente, și anume:

— strangularea existentă în instalațiile de măcinare, care nu trebuie agravată printr-o schemă cu concentratoare; în schema cu insuflare semiindirectă, ventilatorul auxiliar din aval de ciclon amplifică efectul de ventilație al morii și debitul acesteia;

— lipsa de experiență la arderea cărbunilor cu conținut ridicat de cenușă, așa cum rezultă și din figura 1 (de asemenea, comparația numai pe bază de Q_{iv}^{mc} este incompletă);

— limita extrem de ridicată pînă la care poate ajunge conținutul de cenușă în cărbunele din bazinul Rovinari;

— necesitatea de funcționare fără păcură de adaos și la sarcini parțiale;

— necesitatea de adoptare a unui sistem cît mai eficient și deci insensibil la variații bruște și mari de calitate.

În schema aleasă, Q_{iv}^{mc} crește la 18 820 kJ/kg, pentru cărbunele de calitate medie ars în centrala Rovinari. De menționat că pentru un cărbune cu conținut inițial ridicat de umiditate, de exemplu din centrala Megalopolis, Q_{iv}^{mc} are valoarea de 20 300 kJ/kg, în schema de insuflare semiindirectă, deși puterea calorică raportată la masa inițială este de numai 4030 kJ/kg, comparativ cu 6000 kJ/kg în centrala Rovinari.

Programul de cercetare pentru arderea cărbunelui din bazinul Rovinari a cuprins o fază efectuată pe un focar experimental cu o putere nominală de 2,3 MW și o încărcare specifică în secțiune transversală de 0,7 MW/m², urmată de o fază industrială efectuată pe un cazan de abur de 165 t/h.

Schema focarului experimental este prezentată în figura 3. Aceasta a fost concepută pentru a face posibilă simularea atît a sistemului direct, cît și a sistemului indirect de insuflare a prafului de cărbune. Cărbunele brut a fost măcinat într-o instalație separată. Probele au fost efectuate cu ambele scheme, bineînțeles cu arzătoare diferite. S-au efectuat probe cu grade diferite de ecranare a focarului. Arzătorul sistemului de insuflare directă a fost dimensionat astfel ca să se asigure similitudinea geometrică și egalitatea vitezelor de insuflare a aerului primar și secundar cu arzătoarele existente ale cazanului de 1035 t/h. Arzătorul utilizat în schema de insuflare cu

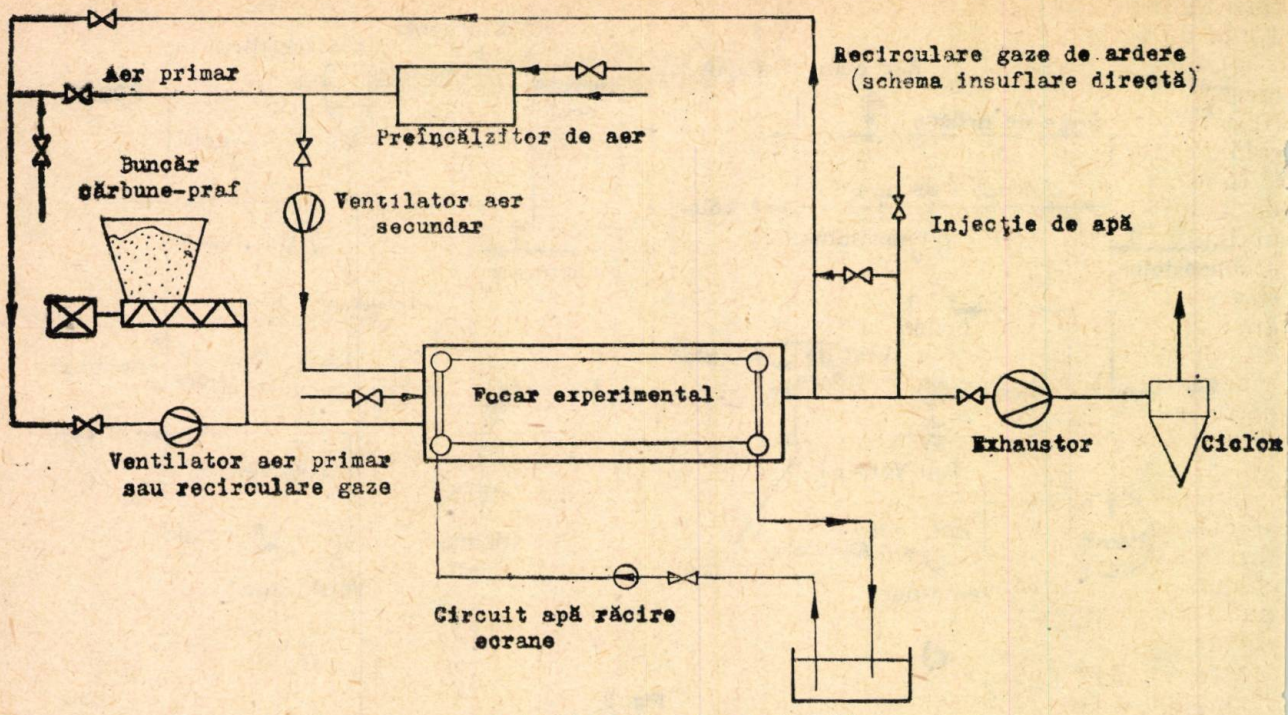


Fig. 3. Schema focarului experimental.

aer a servit ca model pentru faza de încercări la nivel industrial şi a avut următoarele caracteristici: viteza aerului primar 20 m/s, concentraţia cărbunelui 0,8 kg/kg, temperatura aerului primar 120°C, viteza aerului secundar 40 m/s, temperatura aerului secundar 300°C. Arzătorul din schema de ardere cu insuflare directă a avut caracteristicile: viteza amestecului primar 10 m/s, concentraţia cărbunelui 0,37 kg/kg, temperatura amestecului primar 120°C, viteza aerului secundar superior 40 m/s, a aerului secundar mediu 29 m/s, a aerului secundar inferior 24 m/s, temperatura aerului secundar 300°C.

Au fost efectuate măsurători privind funcţionarea focarului, între care măsurători de temperatură în planul orizontal median. S-au determinat cîte trei temperaturi (la distanţe de 0, 300 şi 700 mm de ax) în cinci secţiuni perpendiculare pe ax. A fost ars cărbune brun cu conţinut de cenuşă de 46,6—56,2% raportat la masa uscată. În cursul diferitelor probe s-au realizat încărcări specifice transversale ale focarului experimental de 0,6—0,87 MW/m^2 şi încărcări specifice de volum de 72—82 kW/m^3.

În figurile 4 şi 5 sînt prezentate, pentru exemplificare, profile longitudinale şi profile transversale ale temperaturii pentru un sort de cărbune în schema cu insuflare directă şi în schema cu insuflare indirectă.

Din examinarea diagramelor de temperatură rezultă următorul model fizic pentru mecanismul de aprindere şi ardere:

— zona de încălzire a jeturilor insuflate prin arzător, caracterizată prin creşterea rapidă a

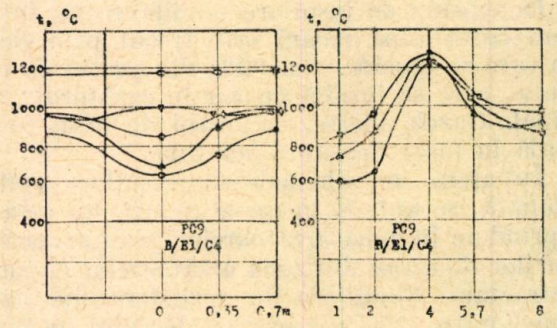


Fig. 4

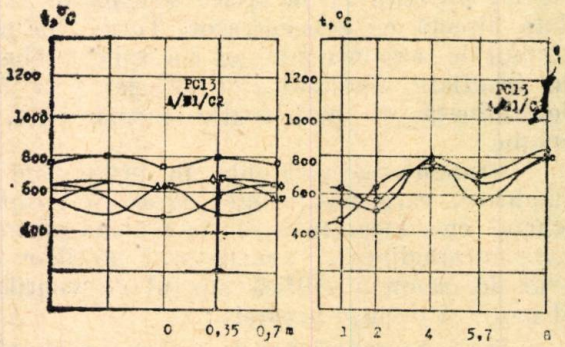


Fig. 5. Profile longitudinale şi profile transversale ale temperaturii în focarul experimental.

temperaturii în axa focarului; schimbarea co cavităţii indică zona de aprindere, care apa tipic la circa 2,0 m de arzător;

— zona de ardere cu intensitate maxim caracterizată de valoarea maximă a temper

turii în axa focarului, care apare tipic la circa 4,1 m de arzător;

— zona de recirculare externă, în care se creează la peretele focarului o circulaţie inversă (flacără-arzător) şi care asigură cantitatea de căldură necesară aprinderii combustibilului.

În cursul probelor s-au constatat diferenţe de circa 150—200 K între temperaturile maxime obţinute cu cele două scheme de insuflare. În schema cu insuflare indirectă a fost posibil să se ardă fără suport de hidrocarburi, la un grad de extragere a căldurii din focar de circa 20—30%, un cărbune cu $A^{anh} = 56{,}2\%$. În schema de insuflare directă, la un grad de extragere a căldurii similar, nu s-a reuşit arderea fără combustibil-suport, chiar pentru un cărbune cu $A^{anh} = 49\%$.

Temperatura gazelor recirculate extern, măsurată la peretele focarului experimental la distanţa de 0,9 m de arzător, a avut valoarea minimă de circa 650°C la cărbunele cu conţinutul cel mai ridicat de cenuşă, la celelalte sorturi avînd valori de 800—900°C, la o extracţie de căldură de 20—30% şi funcţionarea fără suport de hidrocarburi. La un grad de extracţie mai ridicat (40—50%) valoarea acestei temperaturi a coborît la 400—770°C, în funcţie de sortul de cărbune, şi flacăra nu a mai putut fi stabilizată decît cu flacără-suport (5—17% aport caloric).

Pentru testarea funcţionării ciclonului din schema de insuflare semiindirectă a fost montat un model într-o schemă experimentală separată de măcinare a cărbunelui (fig. 6). Ciclonul a fost calculat pentru debitul de 5 t/h al morii-ventilator din schema experimentală.

Cărbunele brut, lignit din bazinul carbonifer Oltenia, a avut o granulaţie de 0—30 mm şi într-una din probe a avut granulaţia de 0—5 mm.

Fineţea prafului măcinat în instalaţia experimentală a fost de $R_{1000} = 1{,}5—2\%$, $R_{90} = 36—46\%$. La aceste valori s-au realizat randamente de separare a ciclonului suficient de mari la debitul nominal.

Viteza amestecului a avut valori cuprinse între 14 şi 16 m/s. În aceste condiţii, pierderea de presiune şi viteza de circulaţie în ciclon au corespuns calculelor de proiectare, avînd valorile $\Delta p_{ciel.} = 400$ Pa, $W_{ciel.} = 4{,}5$ m/s.

Analiza granulometrică a prafului reţinut de ciclon şi regăsit în filtrele auxiliare cu saci indică prezenţa unui sort omogen şi fin de particule, avînd dimensiunea maximă de 90 μm ($R_{1000} = 0\%$, $R_{90} = 0{,}6\%$). Acest praf are un conţinut ridicat de cenuşă ($A^{anh} = 62—68\%$), cu circa 10% mai mult decît praful reţinut, şi o putere calorică redusă, evacuarea lui din circuitul de ardere principal aducînd avantajul îmbogăţirii calorice a lignitului insuflat în arzătoare cu circa 3%.

Reducerea granulaţiei cărbunelui brut de la 0—30 mm la 0—5 mm, printr-o concasare avansată, conduce la o mărire a fineţii prafului pe refularea morii şi o creştere a debitului morii de circa 10%.

Pentru faza de probe la nivel industrial, a fost ales un cazan de 165 t/h, 140 bar, 540°C, echipat cu patru mori-ventilator, cu debite de 21 t/h fiecare. Cazanul este proiectat pentru cărbune caracterizat prin $Q_i = 8800$ kJ/kg, $A^i = 27{,}5\%$, $W_i^i = 34\%$, sistemul de insuflare fiind direct. Pentru adaptarea experimentală a cazanului la schema de insuflare semiindirectă, a fost concepută o schemă pro-

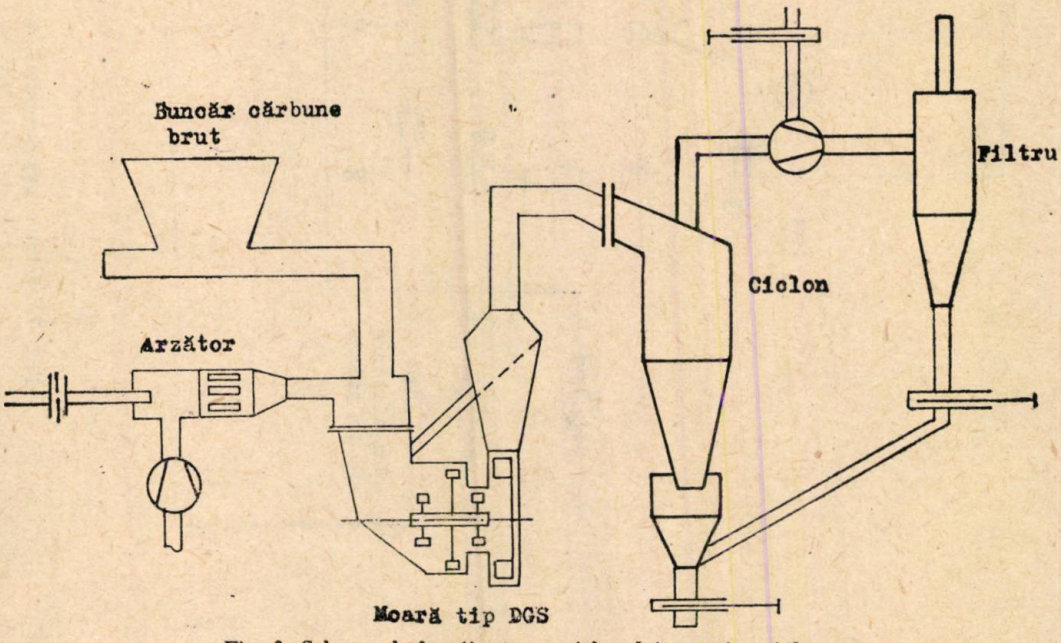


Fig. 6. Schema de funcţionare a ciclonului experimental.

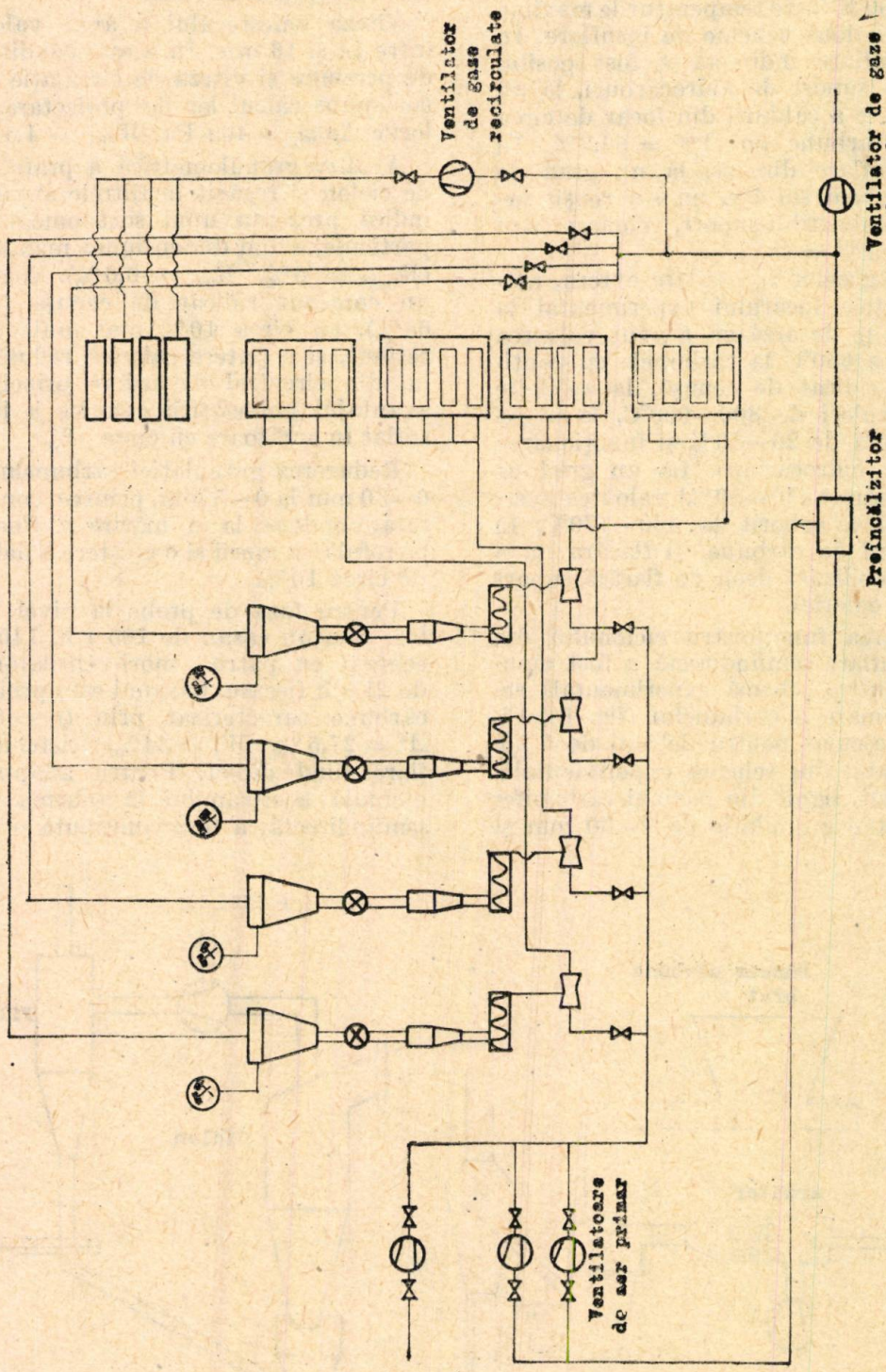


Fig. 7. Schema experimentală de insuflare semiindirectă utilizată la cazanul de 165 t/h de la CET Oradea.

vizorie, diferită de cea clasică, avînd în vedere dificultăţile de procurare, amplasare şi susţinere a echipamentelor suplimentare, precum şi durata scurtă programată pentru întreaga cercetare. Proiectarea, confecţionarea, montarea şi punerea în funcţiune a echipamentelor suplimentare în standurile experimentale şi în instalaţia cazanului de 165 t/h, împreună cu perioada de funcţionare pentru efectuarea încercărilor, au durat un an. Schema provizorie instalată la cazanul de 165 t/h este prezentată în figura 7. Se poate remarca montarea unui singur ventilator de extragere a gazelor de ciclonare, care funcţionează în paralel cu ventilatoarele de gaze ale cazanului, ceea ce are ca efect o pierdere de combustibil la coş. Ventilatorul de extracţie din cicloane şi ventilatoarele de aer a trebuit să fie montate în exteriorul centralei, ceea ce a antrenat dezavantajul unor conducte lungi şi al scumpirii lucrării.

Arzătorul este prezentat în figura 8. Dimensionarea a fost astfel făcută ca să încapă împreună cu arzătoarele de păcură existente şi cu arzătorul de amestec secundar în ambrazura existentă. În acelaşi timp, s-au adoptat distanţe maxim posibile între degetele arzătorului pentru a evita creşterea excesivă a încărcării termice a brîului arzătoarelor.

Pentru încercări a fost adusă în mod special, la centrala în care este instalat cazanul de probă, o cantitate de 20 000 t cărbune de slabă calitate din bazinul carbonifer Rovinari. Au fost efectuate probe de ardere de 4—8 ore cu cărbune de slabă calitate în cazanul modificat. Nu s-a putut asigura o funcţionare de durată mai mare cu acest cărbune, din cauza elasticităţii reduse a schemei de alimentare cu cărbune a centralei. Cazanul a funcţionat în timpul probelor cu cărbune cu conţinut de cenuşă $A^{anh} = 49-57\,\%$.

Principalele rezultate obţinute în cursul probelor sînt următoarele :

— încărcarea termică specifică de volum 89,4—103 kW/ m³

— încărcarea termică specifică a secţiunii transversale 1,28—1,46 MW/ m²

— încărcarea termică specifică a brîului arzătoarelor 0,81—0,93 MW/ m²

Temperaturile în zona arzătoarelor, măsurate cu pirometrul optic, au fost de 1080—1160°C.

Temperaturile în zona de aspiraţie a gazelor de ardere din focar spre moară, măsurate cu pirometrul optic şi verificate în cîteva cazuri cu termoelemente, au variat între 900 şi 950°C. Concomitent au fost efectuate măsurători de temperatură şi la un cazan similar, care funcţiona în schema cu insuflare directă şi cu adaos de hidrocarburi. Au fost constatate, în zona

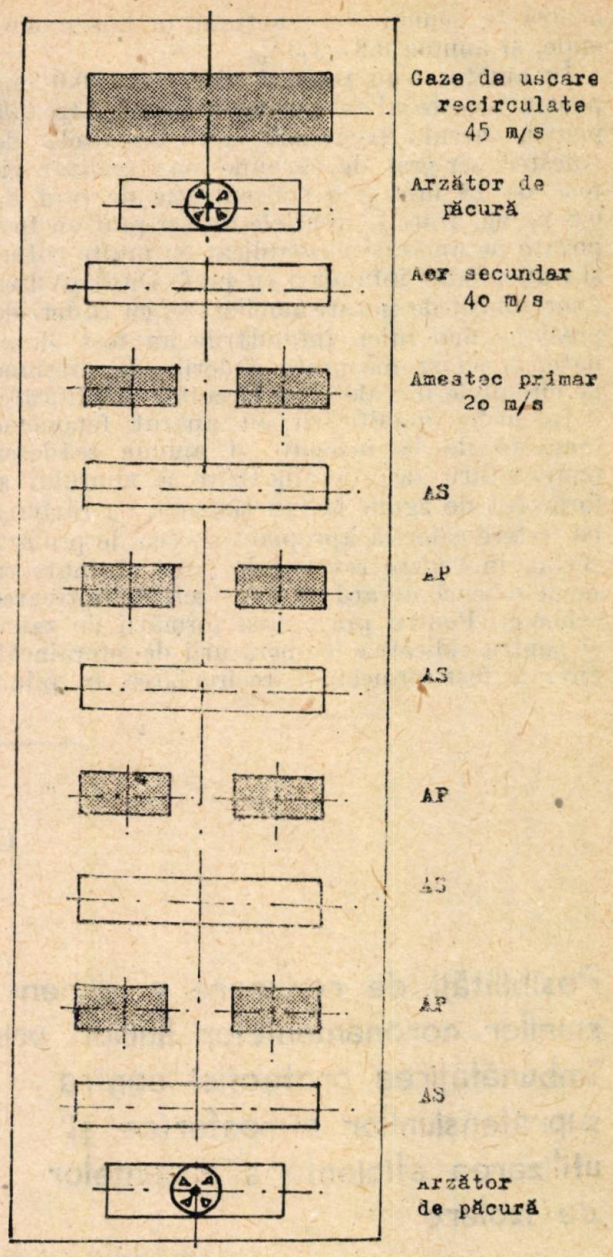


Fig. 8. Arzător de cărbune-praf.

arzătoarelor, diferenţe de temperaturi în minus faţă de cazanul modificat de 100—200°C.

Cazanul modificat a funcţionat cu o ardere stabilă la sarcini parţiale pînă la 35 %, cu două şi trei mori şi cărbune cu conţinut de cenuşă pînă la $A^{anh} = 57\,\%$. În acest timp, cazanul similar cu insuflare directă a funcţionat cu adaos de păcură cu o flacără cu pulsaţii.

Conţinutul de nearse în zgură a fost de 6—12 % în comparaţie cu circa 25 % la cazanul similar nemodificat. În cursul funcţionării în schemă normală, cu întreaga cantitate de gaze şi praf de cărbune extrasă din cicloane recirculată în focar (în funcţiune două mori cu ventilatorul de recirculare supraîncărcat şi cu racordul de ocolire al cazanului blindat), conţinutul de

nearse în cenuşă s-a menţinut în limite normale, şi anume 0,6—1,3%.

În arzător s-au realizat viteze de 20,0 m/s pentru amestecul aer primar-praf şi de 34,0 m/s pentru aerul secundar. Pe circuitele de amestec aer-praf de cărbune s-au realizat viteze de 18 m/s şi o concentraţie de praf de 0,8 kg/kg. Iniţial circuitele de aer-praf au fost pozate pe un traseu complicat cu multe coturi şi s-au produs înfundări cu praf. După găsirea unor soluţii de pozare ameliorate, cu căderi de presiune mai mici, înfundările au fost eliminate. Au fost măsurate căderile de presiune pe circuitele iniţiale şi pe circuitele modificate.

În urma modificării au apărut fenomene scontate de la început, şi anume scăderea temperaturii de supraîncălzire a aburului şi formarea de zgură la funcţionarea cu cărbune cu putere calorică apropiată de cea de proiect. Avînd în vedere rezultatele bune obţinute cu noua schemă de ardere, s-a decis definitivarea schemei. Pentru prevenirea formării de zgură şi pentru ridicarea temperaturii de supraîncălzire, a fost proiectată recircularea în pîlnia rece a unei părţi din gazele extrase din cicloane. Pentru evitarea pierderilor de combustibil se va dubla ventilatorul din aval de cicloane, astfel că se va recircula în focar întregul flux de gaze cu praful de cărbune.

Instalaţia experimentală va servi în continuare pentru încercări. Într-o primă fază se vor desfiinţa buncărele intermediare, iar în faza următoare se va încerca schema cu insuflare semidirectă.

Bibliografie

[1] Geissler, Th., Zorn, L. *Braunkohle in der Türkei und ihre Verwertung in EVT-Feuerungen.* În: EVT Register, nr. 33, 1977, p. 13—24.

[2] Leikert, K., Reidick, H., Schuster, H. *Stabilität von Flammen in Feuerungen für Dampferzeuger.* VDI-Bericht, nr. 287, 1977.

[3] * * * Public Power Corporation. *Thermoelectric Power Station of Ptolemaïs.*

[4] Todoriev, N., Gheorghiev, A., Gheorghieva, R., Gheorghiev, V. *Novata tehnologhiia za izgoranie na izotocinomarişkite vlglişciia, prilojena v TEŢ Mariţa—Iztok 3.* În: Energetica, nr. 10. 1980 p. 8—14.

(Articol intrat în redacţie în iunie 1981)

Creşterea siguranţei în funcţionare a sistemului energetic şi a elementelor acestuia

Posibilităţi de reducere a dimensiunilor coronamentelor liniilor prin îmbunătăţirea protecţiei contra supratensiunilor atmosferice şi utilizarea eficientă a distanţelor de izolare*)

Prof. dr. ing. **D. Cristescu**
Şef lucrări ing. **P. Postolache****)

1. Actualitatea problemei

Creşterea continuă a consumului de energie electrică, avînd drept urmare dezvoltarea reţelelor electrice, impune un grad de fiabilitate tot mai ridicat al acestor instalaţii.

Ca urmare, devine tot mai necesară, printre altele, aprofundarea cercetărilor privind atît fenomenologia producerii supratensiunilor atmosferice, cît — mai ales — mijloacele şi modalităţile de protecţie împotriva acestor supratensiuni.

Cercetări recente, efectuate în Franţa, S.U.A., U.R.S.S., România şi alte ţări, arată că numărul mare de declanşări ale liniilor electrice de înaltă tensiune se datorează loviturilor directe de trăsnet în conductoarele active, ecranarea asigurată de conductoarele de protecţie, montate conform prescripţiilor actuale, nefiind satisfăcătoare, în special pentru liniile electrice montate pe stîlpi înalţi de 35—45 m. De aici rezultă că utilizarea şi modul de montare a conductoarelor de protecţie sînt susceptibile de noi îmbunătăţiri [2], [6], [8].

Cercetările efectuate arată că atît nivelul supratensiunilor, cît şi eficienţa conductorului de protecţie depind în mare măsură de mărimea şi repartiţia sarcinii electrice în canalul liderului, de amplitudinea şi forma undei curentului de trăsnet. Un interes deosebit pentru calculul protecţiei liniilor electrice contra supratensiunilor atmosferice îl are deci cunoaşterea cît mai exactă a parametrilor curentului de trăsnet, fapt ce explică numeroasele cercetări efectuate în acest sens în diferite ţări.

2. Modelul electrogeometric

2.1. *Elemente de bază*

O metodă eficientă de calcul al protecţiei liniilor electrice aeriene contra loviturilor directe

*) Lucrare prezentată la Primul simpozion al reţelelor, Iaşi, octombrie 1981.

**) Institutul politehnic Bucureşti.

de trăsnet este cea cunoscută sub numele de modelul electrogeometric [1]. Propus de Whitehead și Armstrong în 1968 și îmbunătățit ulterior pe baza unui vast program de măsurători efectuate în S.U.A., Africa de Sud și alte țări, modelul electrogeometric permite — în faza actuală a cercetărilor referitoare la trăsnet — să se calculeze, în funcție de dimensiunile stîlpului, unghiul de protecție necesar, astfel încît eficacitatea conductorului de protecție să fie optimă. Noțiunea de protecție optimă — așa cum s-a arătat în [3] — trebuie interpretată probabilistic, în sensul că nu este necesară ecranarea completă a conductoarelor active, ci numai pentru acele trăsnete a căror intensitate provoacă declanșarea liniei ca urmare a loviturii directe în conductorul activ.

Esența metodei modelului electrogeometric și diferite exemple de aplicare a acesteia au fost prezentate în lucrări anterioare [1], [3], [6], [8]. În cele ce urmează vom extinde aria de aplicare a acestei metode și ne vom referi în special la două elemente care au o importanță deosebită în metoda modelului electrogeometric, și anume: distanța de orientare (D_0) și raza de atracție (R_a).

Este cunoscut faptul că ipotezele cele mai importante ale metodei modelului electrogeometric sînt cele care privesc desfășurarea trăsnetului și distanțele de străpungere în acest proces [7], [8].

2.2. *Distanța de orientare. Distanța de interceptare*

În majoritatea cazurilor, prima fază a loviturii de trăsnet (liderul) este o predescărcare slab luminoasă care se propagă de la nor spre pămînt în salturi de cîteva zeci de metri, cu pauze între salturi de ordinul zecilor și chiar sutelor de microsecunde. Viteza medie de înaintare a liderului este de ordinul a 0,15 — 0,30 m/μs.

Cînd vîrful acestei predescărcări se apropie la o anumită distanță față de pămînt, de pe sol sau de pe obiecte aflate în „vecinătatea" capului de lider (obiecte care pot fi, de exemplu, părți ale liniilor electrice aeriene) se dezvoltă o descărcare ascendentă: strimer de întîmpinare. Această „vecinătate" în interiorul căreia se dezvoltă strimerul de întîmpinare este definită de așa-numita *distanță de orientare*. Pînă la o distanță de cîteva sute de metri față de sol, liderul se dezvoltă de la nor spre pămînt fără nici o preferință pentru un anume punct de impact. Cînd liderul se află la distanța de orientare, de pe sol sau de pe obiecte aflate pe acesta se dezvoltă strimeri de întîmpinare, astfel încît se poate considera că liderul este „orientat" spre un punct de impact.

Distanța de orientare este deci acel interval dintre capul liderului și sol (sau obiect de pe sol) căruia îi corespunde un anumit cîmp critic, necesar pentru dezvoltarea strimerului de întîmpinare. Deoarece cîmpul electric în spațiul din jurul liderului depinde de cantitatea și distribuția sarcinilor în canalul de lider, se poate stabili o relație de proporționalitate între distanța de orientare și sarcină.

Pe de altă parte, din înregistrările experimentale ale parametrilor trăsnetului, rezultă că între sarcina liderului și amplitudinea I a curentului de trăsnet corelația este de tip parabolic, astfel încît, în cele din urmă, se poate stabili o relație directă între distanța de orientare D_0 și curentul I, de forma:

$$D_0 = \alpha I^{\beta} \qquad (1)$$

Măsurători de precizie au pus în evidență că structura geometrică care poate fi lovită de trăsnet (linia electrică, stîlpii, conductoarele etc.) influențează distanța de orientare. Parametrul care are cea mai puternică influență asupra distanței de orientare este înălțimea H a acestei structuri. În lucrarea [7] se propune relația:

$$D_0 = (0{,}4 + 0{,}021H)I^{(1{,}4 - 0{,}001\,H)}, \qquad (2)$$

distanțele fiind exprimate în metri și curentul în kiloamperi.

Am văzut mai sus că, atunci cînd capul liderului se află la nivelul distanței de orientare, de pe sol și/sau de pe obiectele aflate pe acesta se dezvoltă strimeri de întîmpinare. Locul de impact al trăsnetului este fixat de acel strimer care ajunge primul la capul liderului. Determinarea punctului de impact este deci o problemă de viteze de propagare. Deși nu foarte multe, datele din literatură dau pentru viteza liderilor coborîtori (v_l) valori cuprinse între 0,05 și 1,3 m/μs, iar pentru strimerii ascendenți (v_s) valori de 0,13 — 0,97 m/μs.

Se presupune că liderul și strimerul se întîlnesc într-un punct situat față de punctul de impact al trăsnetului la o distanță R_a, numită *distanță de interceptare* sau *rază de atracție* [7]. Există deci, în actualul stadiu de dezvoltare a teoriei modelului electrogeometric, două distanțe caracteristice:

— *distanța de orientare* (D_0) începînd de la care sarcina aflată în lider creează la suprafața solului și a structurilor metalice un cîmp electric critic;

— *distanța de interceptare* sau *raza de atracție* (R_a) de la punctul de impact la punctul de întîlnire al celor două descărcări, descendentă și ascendentă.

Raza de atracție se calculează cu relația [7]:

$$R_a = I^{0{,}64}\, H^{(0{,}66 + 0{,}0002\,I)}, \qquad (3)$$

distanțele fiind exprimate în metri și curentul în kA.

Relaţiile (2) şi (3) au fost deduse în ipoteza că vitezele liderului descendent (v_l) şi strimerului ascendent (v_s) sînt aproximativ egale, adică :

$$k_v = \frac{v_l}{v_s} = 1$$

Această ipoteză este valabilă în cazul curenţilor de trăsnet mari, de ordinul zecilor de kA. La curenţi mici nu mai este valabil raţionamentul făcut în privinţa celor două viteze. Este foarte probabil ca valorile mici ale curenţilor de trăsnet (sub 10 kA) — ceea ce înseamnă o sarcină mică în canalul liderului — să afecteze viteza de propagare a strimerului. În consecinţă, factorul $k_v > 1$, atingînd probabil valori de ordinul 1,4—1,5, ceea ce afectează exponentul lui I şi cel al lui H în formula (3) a razei de atracţie.

Este posibil ca exponentul curentului I din relaţia (3) să scadă la valori de ordinul 0,4 sau chiar mai mici. Cercetări ulterioare vor permite obţinerea unor precizări suplimentare ; pînă la obţinerea acestor precizări, considerăm că în domeniul curenţilor de trăsnet sub 10 kA se poate lua în primă aproximaţie $D_0 \approx R_a$. Curbele prezentate în figura 9 arată influenţa înălţimii stîlpului asupra distanţei de orientare. Calculele au fost efectuate pentru patru tipuri de stîlpi de LEA, dublu circuit, cu tensiunea nominală de 400 kV, stîlpi notaţi în continuare tip A (fig. 1), tip B (fig. 2), tip C (fig. 3) şi tip D (fig. 4).

2.3. *Relaţii de calcul. Studiul unor stîlpi dublu circuit pentru LEA de 400 kV*

Utilizînd metoda modelului electrogeometric, s-a calculat — pentru cele patru categorii de stîlpi de mai sus — probabilitatea cu care conductorul de protecţie asigură „ecranarea" conductoarelor active. Calculele au fost efectuate în accepţiunea unor probabilităţi diferite de

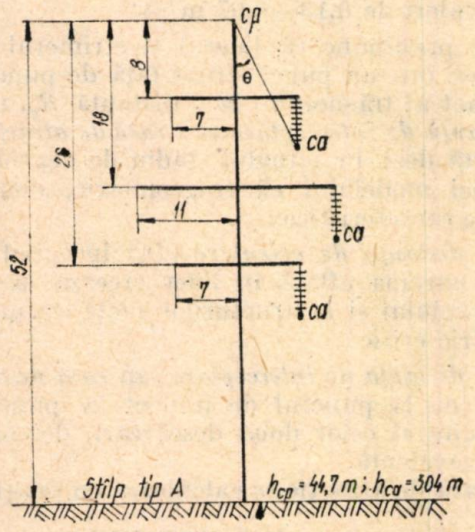


Fig. 1

$\theta = 26°$
$q = 78\%$ pentru $k = 0,8$
$q = 57\%$ pentru $k = 0,9$
$q = 41\%$ pentru $k = 1$

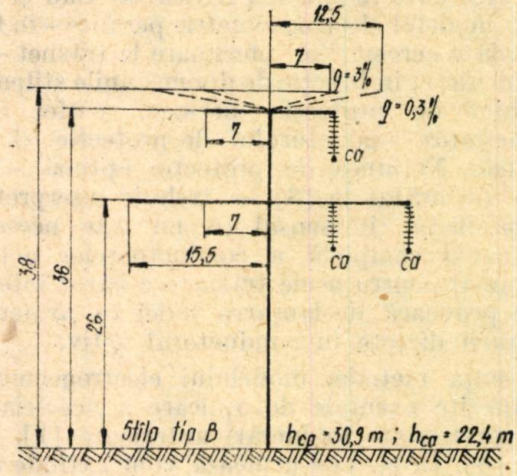


Fig. 2

$k = 1$
$q = 3\%$; $\theta = 0°$
$q = 0,3\%$; $\theta = 34°$

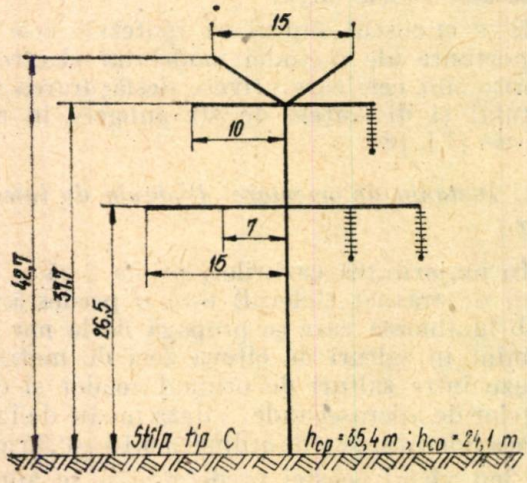


Fig. 3

$\theta = 12°$
$q = 18\%$ pentru $k = 0,8$
$q = 15\%$ pentru $k = 0,9$
$q = 10\%$ pentru $k = 1$

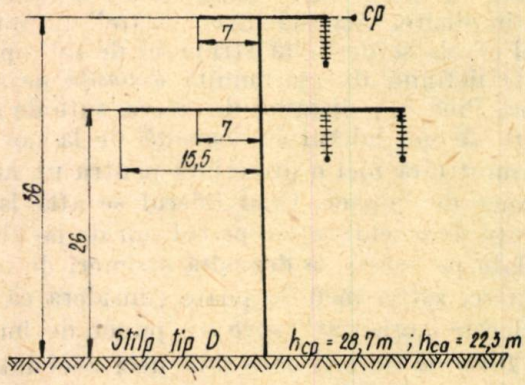


Fig. 4

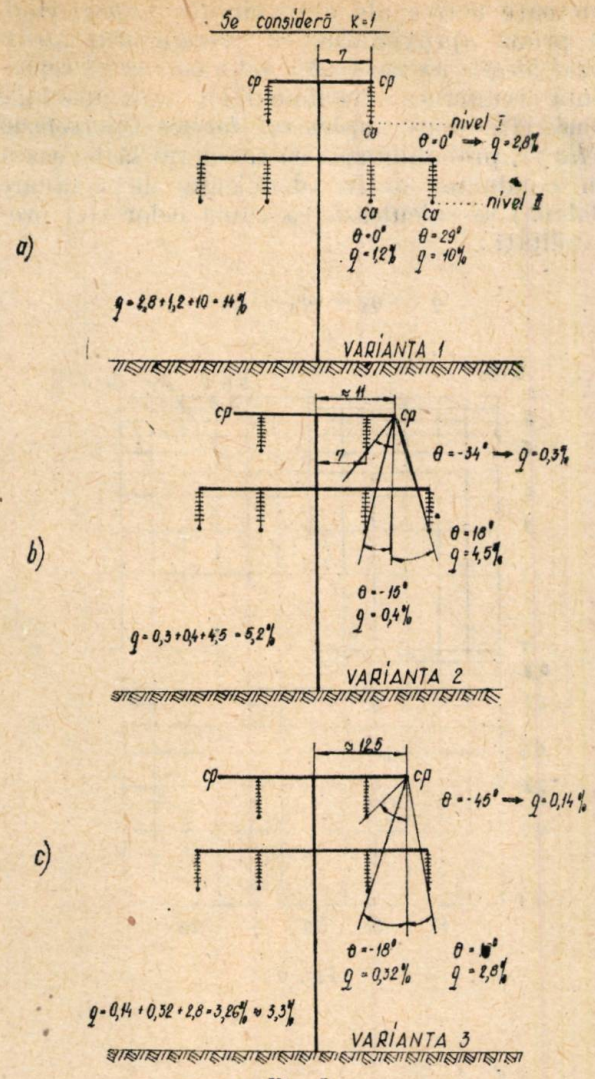


Fig. 5

amorsare la sol şi la conductor:

$$r_s = k \cdot r_c, \qquad (4)$$

unde r_s este distanţa de amorsare la sol şi r_c — distanţa de amorsare la conductor. În conformitate cu literatura de specialitate pentru coeficientul k au fost utilizate valorile 0,8, 0,9 şi 1. Aceasta reprezintă în fond o încercare de estimare a influenţei vitezei diferite a strimerilor.

Pentru calculul unghiului de protecţie θ s-a folosit relaţia [6]:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{2k \cdot 10\, I^{0,65} - h_{cp} - h_{ca}}{r_0 + \sqrt{100\, I^{1,3} - (10\, I^{0,65} - h_{ca})^2}}, \qquad (5)$$

unde

$$r_0 = \sqrt{100\, I^{1,3} - (k \cdot 10\, I^{0,65} - h_{cp})^2}$$

h_{cp} şi h_{ca} = înălţimea medie a conductorului de protecţie, respectiv a conductorului activ, în metri.

Pe această cale s-a determinat probabilitatea de lovire a conductorului activ. Ţinînd seama de faptul că un curent de trăsnet cu o amplitudine egală sau depăşind o valoare dată I apare cu o probabilitate p%, s-au utilizat în calcule valorile curentului I (din tabelul 1) a căror probabilitate variază de la $p = 99{,}9$% la $p = 90$%, ceea ce corespunde unei probabilităţi de străpungere a ecranului $q = 1 - p$ cuprinsă între 0,1 şi 10%.

Tabelul 1

Curentul / $q=1-p$	0,1%	0,2%	0,3%	0,5%	1%	5%	10%
I (kA)	1,6	1,8	2,1	2,6	3,1	5,9	8

Rezultatele au fost utilizate pentru a trasa diagramele din figurile 6, 7 şi 8, care dau variaţia unghiului minim de protecţie θ în funcţie de probabilitatea de lovire a conductorului activ.

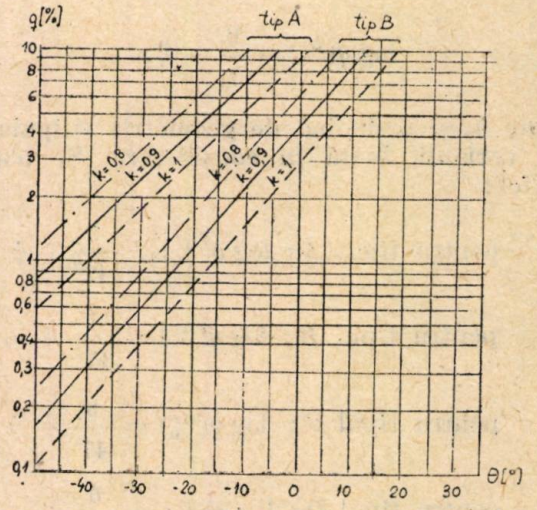


Fig. 6

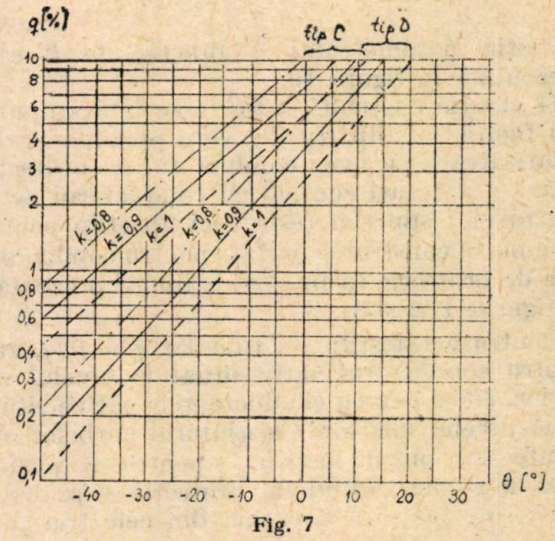


Fig. 7

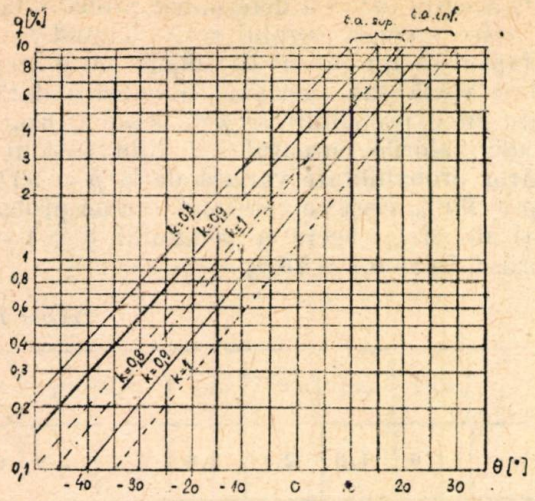


Fig. 8. Distribuția $q = f(\theta)$ pentru conductorul activ superior (c.a. sup.) și pentru conductorul activ inferior (c.a. inf.) în cazul stîlpului de tip *D*.

Pentru toate cazurile studiate variația $q = f(\theta)$ poate fi exprimată printr-o relație de forma :

$$\log q(\%) = \frac{\theta}{\theta_0} + \psi, \qquad (6)$$

unde θ_0 și ψ depind de geometria stîlpului și de varianta luată în considerare. Se obține astfel :

$$\text{pentru tipul } A: \log q(\%) = \frac{\theta}{42^\circ} + \psi$$

$$\text{pentru tipul } B: \log q(\%) = \frac{\theta}{35^\circ} + \psi$$

$$\text{pentru tipul } C: \log q(\%) = \frac{\theta}{47^\circ} + \psi$$

$$\text{pentru tipul } D: \log q(\%) = \frac{\theta}{37^\circ} + \psi$$

Variația parametrului ψ funcție de k este prezentată în figura 10.

O atenție deosebită a fost acordată stîlpului din figura 4 (stîlp tip *D*), care prezintă particularitatea de a avea conductorul de protecție situat pe aceeași consolă cu conductorul activ din nivelul superior (este deci un stîlp pentru care nu se construiesc vîrfare pentru conductoarele de protecție ca în cazul stîlpilor prezentați în figurile 1, 2 și 3).

Pentru acest stîlp s-a calculat $q = f(I)$, atît pentru conductorul activ situat la nivelul superior, cît și pentru conductoarele active situate la nivelul inferior. Cu ajutorul curbelor obținute s-a putut analiza — pentru o poziție dată a conductorului de protecție — probabilitatea de lovire a fiecăruia din cele trei conductoare active ale unui circuit. Considerînd, în primă aproximație, că evenimentul „*trăsnetul lovește un conductor activ oarecare*" reprezintă reuniunea evenimentelor incompatibile două cîte două „*trăsnetul lovește conductorul activ j*", probabilitatea ca trăsnetul să lovească un conductor activ (deficiența de ecranare globală) se calculează ca suma celor trei probabilități :

$$q = q_1 + q_2 + q_3 \qquad (7)$$

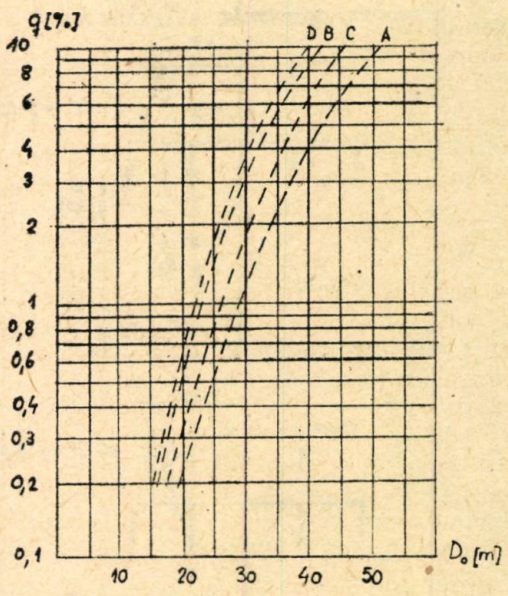


Fig. 9

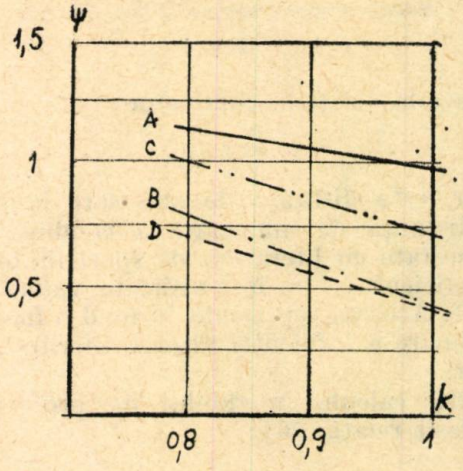


Fig. 10

Pe această bază și folosind curbele din figura 8 au fost analizate trei variante de amplasare a conductorului de protecție pe stîlpul de tip *D* (fig. 5 *a*, 5 *b* și 5 *c*).

Din această analiză sumară rezultă că varianta 2 este cea mai interesantă, deoarece prezintă o deficiență globală de ecranare de

circa 3 ori mai mică decît varianta 1, în timp ce varianta 3 nu aduce o îmbunătățire substanțială față de varianta 2, deși prezintă un consum mai ridicat de material.

Concluzii

Analiza de mai sus poate fi evident aprofundată, căutîndu-se o valoare optimă din punct de vedere tehnico-economic a poziției conductorului de protecție pentru un anumit tip de stîlp.

Exemplul de analiză prezentat reprezintă o extindere a metodei modelului electrogeometric, punînd astfel în evidență o altă posibilitate de aplicare a acestei metode.

Metoda modelului electrogeometric, bazată pe măsurători efectuate atît pe linii electrice cît și în stații speciale pentru studierea trăsnetului, permite o abordare a problemei protecției liniilor contra supratensiunilor atmosferice mai apropiată de realitatea fizică. Folosirea conceptelor de distanță de orientare și distanță de interceptare, ambele în funcție de înălțimea structurii metalice, dă o bază cantitativă probabilistică montării conductoarelor de protecție, astfel încît, prin utilizarea eficientă a distanțelor de izolare și prin îmbunătățirea protecției contra supratensiunilor atmosferice, să se creeze condiții de reducere a dimensiunilor coronamentelor liniilor electrice.

O alegere corespunzătoare a coronamentului trebuie să se bazeze pe o cunoaștere foarte precisă a solicitărilor electrice la care acesta este supus. În calcule este necesar să se introducă toate elementele care afectează fenomenul, cum sînt :

— contribuția descărcării corona de impuls la reducerea supratensiunilor ce se propagă pe linie ;

— reflexiile succesive în stîlpii învecinați deschiderii lovite de trăsnet ;

— mijloacele de limitare a supratensiunilor interne etc.

Cunoașterea cît mai completă și mai exactă a solicitărilor izolației va permite ca odată cu creșterea fiabilității liniilor electrice să se obțină și o reducere a gabaritelor acestora, fapt cu efecte economice evidente.

Bibliografie

[1] Armstrong, H. R., Whitehead, E. R. *Field and analytical studies of transmission line shielding.* În : IEEE Trans. on PAS, 87, 1968, nr. 1, p. 270—279.

[2] Hileman, H. R. *Insulation design of overhead transmission lines.* CIGRE SC 33 Colloquium, June, 1979, Neptun, România.

[3] Cristescu, D., Postolache, P. *Protecția liniilor electrice aeriene împotriva trăsnetului. Modelul electrogeometric.* În : Bul. IPB, seria Electrotehnică, 39, nr. 2, 1977, p. 101—112.

[4] Gary, C., Fieux, R. *Study of lightning faults on EHV overhead lines of the French network.* CIGRE SC 33 Colloquium, June, 1979, Neptun, România.

[5] Anderson, R. B., Eriksson, A. J. *Les paramètres de la foudre en vue des applications industrielles.* În : Electra, nr. 69, martie, 1980, p. 65—102.

[6] Cristescu, D., Postolache, P. *Utilizarea modelului electrogeometric și posibilități de îmbunătățire a protecției liniilor contra supratensiunilor.* Lucrare prezentată la Consfătuirea privind comportarea în exploatare a echipamentelor electroenergetice, coordonarea izolației și protecția instalațiilor la supratensiuni, Iași, 29—30 oct. 1980.

[7] Eriksson, A. J. *Lightning striking distances. An analytical study.* NEERI, 1980, Pretoria, Africa de Sud.

[8] Cristescu, D., Postolache, P. *Effet d'écran du câble de garde. Probabilité de défaillance.* În : Buletinul IPB, seria Electrotehnică, 43, nr. 1, 1981, p. 55—62.

(Articol intrat în redacție la 16 noiembrie 1981)

Considerații privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur

Ing. L. Stanisavlieviei

Progresul tehnic în domeniile generatoarelor de abur și al tehnologiei tratării apei se reflectă, interdependent și condiționîndu-se reciproc în reglementările regimului chimic al apei.

Uneori pot apărea decalări în timp între performanțele posibile sau impuse ale acestor două domenii ale tehnicii. Precizări și puneri la punct sînt deci totdeauna oportune, dacă nu chiar necesare.

Reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur sînt structurate pe concepții teoretice, completate prin sistematizarea rezultatelor din practica exploatării. Calitatea corespunzătoare a apei constituie una dintre condițiile fundamentale pentru asigurarea funcționării de durată și fără neajunsuri a agregatelor termomecanice. Compromisuri între exigențele tehnice și considerentele de natură economică pot fi acceptate — și aceasta doar într-o măsură redusă — numai în cazul generatoarelor de abur de productivitate mică, adică avînd valori mici ale densității fluxului termic local. Consensul actual este pentru pragul de 230 kW/m^2, respectiv $2 \cdot 10^5$ kcal/h·m^2.

Valoarea presiunii aburului generat de cazan constituie un criteriu de diferențiere pentru calitatea apei de alimentare numai în ceea ce privește conținutul ei în impurități solubile în abur și numai dacă aburul servește la acționa-

rea unor turbine. În această categorie intră siliciul și aluminiul.

Tipul constructiv al generatoarelor de abur — cu circulație multiplă sau cu străbatere — nu impune o diferență în calitatea apei de alimentare, dacă valoarea densității fluxului termic local este aceeași.

Cazanele cu străbatere sînt mai ales sensibile, la organele de admisie, față de impuritățile în suspensie din apa de alimentare. Aceste impurități solide provin, chiar în cazul unei tratări intens corespunzătoare, din fenomenele de interacțiune apă/metal și din coroziunile consecutive pe parcursul traseului circuitului termic al apei. Ele provoacă depuneri și eroziuni ale organelor de admisie și se evită sigur numai prin intermediul unui regim chimic corect al apei de alimentare.

În ceea ce privește impuritățile din apă, generatoarele de abur cu circulație multiplă, la aceeași densitate a fluxului termic local, sînt puse, comparativ, în condiții mai grele decît cazanele cu străbatere. Suprafețele lor de vaporizare sînt în contact cu o apă mult mai încărcată cu impurități solubile, mai ales clorură de sodiu și fosfați, ca efect al recirculării. Formarea și menținerea integrității straturilor protectoare, omogene, de oxizi, au condiții mai puțin favorabile sau nu le au deloc, în comparație cu suprafețele de vaporizare ale cazanelor cu străbatere. Exigențele privind calitatea apei de alimentare trebuie să fie, prin urmare, mai severe decît în primul caz. Experiența de exploatare cu cazanele de tipul „cu vaporizare în trepte" confirmă această concluzie, deși poate fi vorba aici într-adevăr de un caz limită. Pentru a evita spargerile de țevi din „treapta salină", apa de alimentare a acestor cazane trebuie să fie calitativ superioară apei destinate cazanelor de construcție convențională, la aceeași valoare a densității fluxului termic local.

Fixarea indicilor de calitate ai apei prin reglementări nu trebuie să fie dependentă de precizia — la vremea respectivă — a metodelor și a aparatelor de măsură și control existente. Indicii de calitate, fundamentați teoretic, garanți ai funcționării sigure a agregatelor, nu pot depinde în nici un chip de performanțele aparatelor folosite la determinarea lor.

În cele ce urmează sînt trecute în mod critic în revistă principalele caracteristici de calitate ale apei pentru generatoarele de abur, prevăzute în reglementările actuale.

Conținutul în substanțe dizolvate (salinitatea). Metodele de demineralizare a apei permit actualmente reducerea concentrației în substanțe dizolvate, la ordinul de mărime μg/kg (adică p.p.b.). Pentru asigurarea formării unor straturi protectoare, subțiri, fine și omogene de oxizi, din interacțiunea apă/metal, se impune lipsa oricărei substanțe cu caracter reducător. În cazul ionului Cl^-, limita admisă este mai mică de 10^{-6} mol/kg. Hidrazina nu este tolerată și despre ea va fi vorba în cele ce urmează.

Apa de alimentare trebuie să fie lipsită de reacție acidă provocată, în acest caz, de acidul carbonic rezultat din hidratarea bioxidului de carbon nereținut complet de filtrele cu pat mixt.

Prezența unor cantități mici de oxigen liber nu este nocivă; concentrații pînă la anumite valori în regimurile chimice ale apei elaborate și aplicate în prezent sînt favorabile, chiar necesare.

Măsurarea conductivității, exprimată în μS/cm, constituie criteriul de apreciere a salinității apei. Ea prezintă însă o limitare fundamentată teoretic, la valoarea de 0,04 μS/cm; nu pot fi determinate prin urmare valori mai mici de 15 p.p.b. NH_3, 25 p.p.b. Na_2CO_3, 30 p.p.b. Na_2SO_4 etc.

Pentru valori ale $pH \leqslant 8$, realizate în apa de alimentare prin dozare de amoniac, nu mai există corelație între mărimile pH și μS/cm.

Alcalinitatea. În reglementări, alcalinitatea apei de cazan, în cazul generatoarelor de abur de presiune înaltă, este exprimată prin două caracteristici: valoarea pH și alcalinitatea p. Valorile limită tolerate scad odată cu creșterea presiunii de serviciu, mai drastic pentru valoarea p și mai puțin pronunțat pentru valoarea pH.

Alcalinitatea apei de cazan nu este astăzi consecința metodelor chimice de tratare folosite, ci este realizată în mod deliberat, prin dozare de soluție amoniacală în apa de alimentare; scopul este de a asigura, respectiv a activa, formarea și menținerea straturilor protectoare de oxizi metalici, de fier și cupru, în partea „rece" a circuitului termic al apei.

Alcalinitatea p nu mai este deci un criteriu caracteristic, ci valoarea pH; ea trebuie însă coordonată cu valoarea potențialului redox pozitiv și ambele localizate în diagrame electrochimice (Pourbaix), simplificate, pentru fier și pentru cupru. Valorile pH necesare se realizează prin adaos de soluție amoniacală, în apa de alimentare, la intrarea ei în circuitul termic. Totodată este neutralizată aciditatea eventuală a apei provocată de prezența acidului carbonic rezidual, nereținut de către filtrele anionice puternic bazice; concentrația acestuia în apa de alimentare este de ordinul 10^{-5} mol/kg, respectiv 0,4 ~ 0,5 mg/kg; stabilind un pH de 5,8 ~ 5,7, punctul de echivalență al neutralizării prin amoniac se situează la pH 6,85 ~ 7. Consumul de amoniac este de ordinul 0,25 la 0,30 mg/kg apă.

Dacă instalațiile de pretratare și de demineralizare a apei sînt judicios concepute și corect conduse, nu pot să apară în apa de alimentare sau în apa de cazan substanțe cu caracter acid sau care eliberează, prin descompunere

hidrotermică, acizi anorganici. Aceasta se referă la compuşi organici conţinînd clor sau la $MgCl_2$, pătruns prin apa de răcire în condensatul turbinelor.

Alcalinitatea *p* a apei de cazan — prescrisă în reglementări — are rolul de a asigura neutralizarea unei eventuale acidităţi apărute. Însă, în condiţiile din cazan, o neutralizare eficientă nu poate fi asigurată prin alcalii volatile, ci numai prin alcalii solide, hidroxid de sodiu sau ortofosfaţi de sodiu (ortofosfaţi di- sau trisodici). Folosirea, chiar numai intermitentă, a acestor substanţe, în cazul generatoarelor de abur cu densitate mare a fluxului termic local, este contraindicată; ea poate avea o acţiune defavorabilă asupra straturilor protectoare de oxizi formaţi pe suprafaţa interioară a ţevilor cazanului. Această acţiune nocivă a alcaliilor solide se produce şi în generatoarele de abur avînd densităţi mai mici ale fluxului termic local, deoarece reglementările tolerează, respectiv prescriu valori relativ mari pentru alcalinitatea *p*; efectul nociv cere însă timp mai mult pentru a se manifesta.

Interacţiunea apă-metal şi stabilitatea straturilor protectoare de oxizi fiind fenomene specifice numai zonei „reci" a circuitului termic al apei, menţinerea în apa de cazan a unei valori relativ mari a p*H* nu are justificare teoretică.

În raport cu natura impurităţilor acide organice din apă, comportarea lor la vaporizare, în straturile-limită apă-vapori, nici nu permite alcalinizarea prin amoniac a fazei lichide. Trecerea preferenţială a amoniacului în vaporii de apă, în raport cu substanţa organică acidă, volatilă, determină în stratul-limită de lichid o reacţie acidă, care are o acţiune distructivă asupra stratului cristalin, protector, de oxizi de fier al ţevilor. Mărirea dozajului de amoniac nu rezolvă problema; dozajul alcaliilor solide fiind neindicat, soluţia este cea recomandată mai înainte: pretratarea intensă a apei de adaos, urmată de demineralizarea totală a apei de alimentare a generatoarelor de abur.

Ortofosfaţii. Mai toate reglementările prevăd valorile — impuse, respectiv tolerate — pentru conţinutul apei de cazan în ioni PO_4^{3-}, chiar pentru generatoarele de abur de presiune înaltă. Aceste valori nu sînt identice în diferitele reglementări, dar se situează toate în ordinea de mărimi mg/kg. Ele nu sînt fundamentate teoretic şi cantităţile prescrise întrec cu cîteva ordine de mărime necesarul pentru trecerea combinaţiilor de calciu şi de magneziu, care ar putea fi prezente în apa de cazan, în forma de ortofosfaţi. Aceştia sînt consideraţi ca fiind inofensivi în exploatarea cazanelor.

Tehnologia actuală a tratării apei a eliminat acest rol al ortofosfaţilor; ar rămîne eventual doar rolul lor protector împotriva acidităţii apei de cazan. Pentru aceasta ar veni în consideraţie fosfaţii di-, respectiv trisodic, dar pentru generatoarele de abur cu densitate mare de flux termic local, prezenţa în apă a acestor alcalii solide, chiar în cantităţi minimale, poate fi o sursă de neajunsuri pentru exploatare. Prin mecanismul de substituire cristalo-chimică, ionul PO_4^{3-} migrează în reţeaua cristalină a straturilor protectoare de oxizi şi, acolo unde aceasta prezintă deficienţe, el se substituie ionului oxigen. Densitatea mare a fluxului termic local accelerează acest proces, reţeaua cristalină este slăbită şi, cu timpul, distrusă local.

În condiţiile din cazan, ortofosfaţii în soluţie în apă prezintă tendinţa de a precipita temporar pe suprafeţele de vaporizare (fenomenul hide-out). Depunerile astfel formate frînează transferul de căldură, contribuind la deteriorarea straturilor protectoare de oxizi.

Siliciul şi aluminiul. Prezente totdeauna în apele naturale şi greu de eliminat total în cursul procesului tehnologic al tratării apei, aceste substanţe sînt solubile în abur sub formă de acid ortosilicic şi, respectiv, de hidroxid de aluminiu. Solubilitatea în abur creşte odată cu creşterea presiunii acestuia; la o presiune dată, solubilitatea lor scade odată cu creşterea valorii p*H* a apei. Această comportare prezintă un neajuns major în cazul folosirii aburului la acţionarea turbinelor de presiune înaltă, a căror capacitate de „înghiţire a sărurilor" dizolvate în abur este mică.

O îndelungată experienţă de exploatare a stabilit, pentru silice, valoarea limită admisibilă a conţinutului său în abur, şi anume de 20 μg SiO_2/kg. Pentru a asigura această valoare, conţinutul admisibil în silice al apei de cazan se prestabileşte pe baza factorului de distribuţie, ϑ a silicei:

$$SiO_2 \text{ în apa de cazan} \leqslant \frac{SiO_2 \text{ în abur}}{\vartheta_{SiO_2}}$$

La presiunea aburului de 140 bar, de pildă, valoarea factorului ϑ_{SiO_2} este de 0,02; în apa de cazan, conţinutul în SiO_2 nu trebuie să depăşească 1 mg/kg.

Nu toate prescripţiile prevăd valori-limită în concordanţă cu relaţia de mai sus.

Conţinutul în aluminiu tolerat în apa de cazan, ca şi cel admisibil în abur, nu figurează încă printre indicii de calitate prevăzuţi în reglementări; în literatura de specialitate se găsesc puţine preocupări în această privinţă, cu toate că gradul crescînd de poluare cu reziduuri industriale al resurselor de apă ar îndreptăţi asemenea preocupări. Dacă se admite, conform unor surse bibliografice, pentru ϑ_{Al}, la 140 bar, valoarea 0,1, iar pentru conţinutul maxim de aluminiu în abur, tot valoarea de 20 μg Al/kg, în apa de cazan concentraţia în aluminiu nu trebuie să depăşească valoarea de 0,2 mg/kg.

Aceşti doi indici de calitate ai apei de alimentare — silice şi aluminiu — sînt singurii care trebuie coordonaţi, în reglementări, cu presiunea de serviciu a generatoarelor de abur cu circulaţie multiplă, independent de valoarea densităţii fluxului termic local. Pentru cazanele cu străbatere, conţinutul în siliciu şi aluminiu din apa de alimentare trebuie să fie cel mult egal cu acela tolerat în aburul generat, dacă acesta este folosit la acţionarea turbinelor.

Valorile pentru factorii de distribuţie ϑ_{SiO_2} şi ϑ_{Al}, disponibile în sursele bibliografice, diferă între ele în oarecare măsură, după condiţiile în care au fost determinate, în special valoarea p*H*. Diferenţele nu sînt însă semnificative, neavînd practic influenţă asupra exploatării.

Dacă aburul generat de cazan nu acţionează turbine, conţinutul apei de alimentare în silice şi aluminiu trebuie să se încadreze doar în valorile impuse pentru salinitatea apei, în raport cu mărimea densităţii fluxului termic local, al generatorului de abur. Ar părea indicat să se menţină în apa de cazan un indice p*H* mai mare, în vederea micşorării, în acest fel, a solubilităţii în abur a silicei şi a aluminiului. Acest lucru nu s-ar putea realiza decît printr-un adaos de alcalii solide; după cum s-a amintit, procedeul nu este indicat pentru cazane cu valori mari ale densităţii fluxului termic local. Soluţia problemei este şi aici de a elimina din apă, printr-o pretratare intensă şi o demineralizare completă, silicea şi aluminiul pînă la conţinuturi care să asigure în mod continuu, funcţionarea fără neajunsuri a turbinelor cu abur.

★

Concepţia structurii reglementărilor privind caracteristicile de calitate ale apei de alimentare pentru generatoarele de abur, mai ales a acelora avînd valori mari ale densităţii fluxului termic local, poate fi conturată astfel:

În circuitul termic al apei de alimentare trebuie asigurate, în mod permanent, condiţii hidrodinamice favorabile, adică o curgere fără turbulenţe şi o viteză de curgere optimă. Sînt evitate astfel efectele mecanice nedorite asupra straturilor protectoare de oxizi metalici din interiorul ţevilor preîncălzitoarelor.

Condiţiile de puritate a apei (salinitate), adică concentraţia substanţelor străine în soluţie, corespund la valori de $10^{-7} \sim 10^{-6}$ mol/kg; exprimate în valori de conductivitate, ele corespund la circa 0,15 μS/cm.

Apa de alimentare nu trebuie să conţină substanţe în soluţie cu caracter reducător; această condiţie se asigură prin: o pretratare intensă, care elimină toate impurităţile organice, ionogene şi neionogene, şi suprimarea adaosului de hidrazină (folosit încă pentru alcalinizarea apei şi pentru eliminarea totală a oxigenului rezidual dizolvat în apă).

În partea „rece" a circuitului termic al apei, adică în zona de temperaturi pînă la circa 200°C, cuprinzînd în practică preîncălzitoarele de joasă presiune şi degazorul termic, mecanismul interacţiunii apă/metal, care duce la formarea straturilor protectoare de oxizi metalici, aderente, omogene şi subţiri, trebuie dirijat în mod deliberat, spre a se putea desfăşura eficient. Această dirijare se execută prin două caracteristici ale apei, măsurate la intrarea acesteia în circuitul termic: indicele p*H* şi potenţialul redox pozitiv.

Dacă echipamentul circuitului termic al apei este constituit numai din oţel-carbon, regimul chimic al apei este neutru; dacă este prezentă şi alama, regimul chimic este slab alcalin, realizat prin dozare de soluţie amoniacală.

Potenţialul redox pozitiv se asigură printr-un captator de electroni, în speţă oxigenul, adăugat sub forma unei soluţii diluate de H_2O_2.

În partea „caldă" a circuitului termic al apei şi în cazan, formarea straturilor protectoare de oxizi are loc spontan, prin oxigenul constitutiv al apei şi sub influenţa temperaturii ridicate. Dacă toate condiţiile enumerate în cele de mai sus sînt îndeplinite, nu mai este nevoie, în aceste zone ale circuitului termic, de nici o altă intervenţie din afară pentru dirijarea favorabilă a mecanismului interacţiunii apă/metal, respectiv pentru menţinerea integrităţii structurii straturilor oxidice protectoare.

Pentru generatoarele de abur cu valori mici ale densităţii fluxului termic local — adică mai mic decît pragul de $2 \cdot 10^5$ kcal/h · m², respectiv 232 kW/m², actualmente admis — regimul chimic al apei este, în regulă aproape generală, un compromis între fundamentarea teoretică, experienţa practicii de exploatare şi considerente de ordin economic. Ponderea fiecăruia dintre aceşti componenţi poate fi, de la caz la caz, foarte diferită; în consecinţă, prevederile diferitelor reglementări care se referă la acest domeniu prezintă deosebiri între ele. O generalizare a unor asemenea reglementări nu poate fi susţinută.

★

Coordonarea valorilor p*H* şi potenţial redox pozitiv, măsurate în apa de alimentare la intrarea în circuitul termic, se face folosind diagrame electrochimice (Pourbaix) simplificate ca aceea pentru Fe (fig. 1) şi pentru Cu (fig. 2).

Valorile de realizat şi de menţinut în exploatare trebuie să se situeze cert în zona de stabilitate termodinamică a metalului respectiv de preferinţă cît mai central. Diagramele permit a identifica cu certitudine situaţii necorespunzătoare şi a le remedia prompt, modificînd dozajul de amoniac, sau acela al oxigenului după caz, asigurînd astfel integritatea straturilor oxidice protectoare.

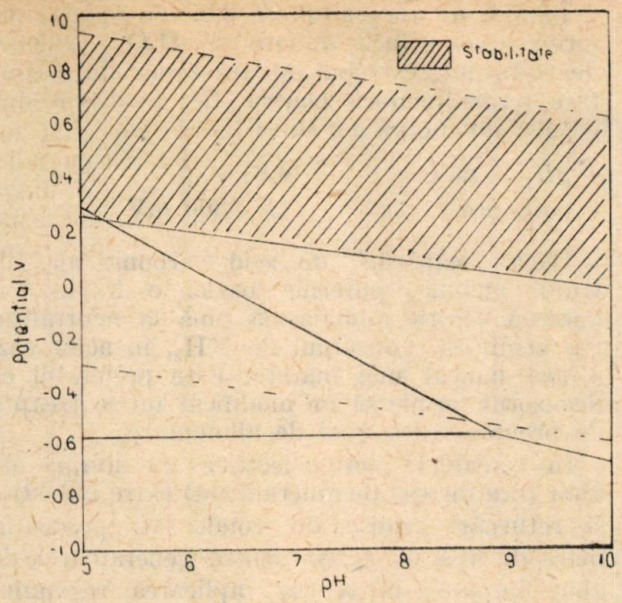


Fig. 1. Diagrama electrochimică, simplificată, pentru fier. (Concentrația ionică a apei : 10^{-6} mol/kg.)

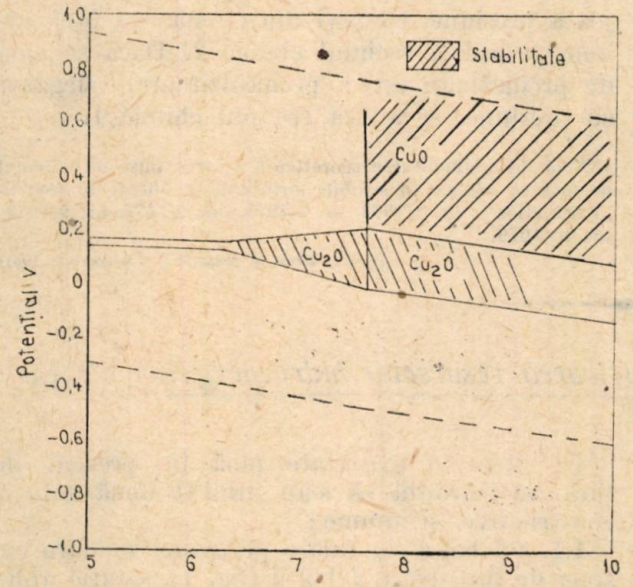


Fig. 2. Diagrama electrochimică, simplificată, pentru cupru. (Concentrația ionică a apei : 10^{-6} mol/kg.)

Apa de alimentare, demineralizată, trebuie să corespundă continuu caracteristicilor fizice și chimice, realizabile actualmente prin metodele de tratare la dispoziție.

Regimurile chimice ale apei pentru generatoarele de abur cu valori mari ale densității fluxului termic local pot fi, după părerea autorului, următoarele :

1. *Regim chimic alcalin.* Este similar regimului chimic al apei folosit încă în majoritatea cazurilor, în exploatările în care circuitul termic al apei este constituit din echipamente conținînd atît oțel-carbon, cît și alamă, dar raționalizat și conform fundamentării teoretice expuse în cele precedente. Valorile de realizat și de menținut în apă, în zona „rece" a circuitului termic, sînt :

pH, la 25°C	pînă la 9
potențial redox	+250 mV ÷ +350 mV

Potențialul redox pozitiv nu este realizat prin intervenția directă, ci printr-o serie de condiții : lipsa din apă a impurităților cu caracter reducător, asigurată prin aplicarea unei tehnologii de tratare complexă ; suprimarea adaosului de hidrazină. Valoarea pH, relativ mare, este realizată prin dozare de amoniac, executată la intrarea apei în preîncălzitoarele de joasă presiune, ea permițînd o coordonare, în diagramele electrochimice, cu valori pozitive de potențial redox, valori mici — este adevărat —, dar care asigură stabilitatea termodinamică a metalelor Fe și Cu. În cazul alamei este totuși de preferat, pentru exploatare, situarea în zona de stabilitate a oxidului CuO decît în zona de stabilitate a oxidului Cu_2O (fig. 2).

Pe de altă parte, este indicat, din punct de vedere economic, de a menține în apă permanent valori pH mai mici de 9, pentru a nu reduce prea mult ciclul activ al schimbătorului cationic din instalația de demineralizare a condensatului turbinelor (respectiv a apei de alimentare), prin epuizarea acestuia de către cationul NH_4^+. Aceasta impune lipsa din apă a oricărei impurități cu caracter reducător, adică aplicarea procedeelor de tratare intensă a apei de care s-a amintit în cele de mai sus, precum și suprimarea adaosului de hidrazină.

Conținutul foarte redus al apei în oxigen dizolvat, conform concepției perimate a regimului chimic al apei, reprezintă de fapt un neajuns pentru stabilitatea termodinamică a oțelului-carbon și a alamei din echipamentul circuitului termic al apei de alimentare.

Pentru realizarea unui p$H \approx 9$, consumul de amoniac pentru neutralizarea acidului carbonic și alcalinizarea apei este de circa 0,47 mg NH_3/kg (respectiv circa $2{,}8 \cdot 10^{-5}$ mol/kg), din care jumătatea (0,24 mg NH_3/kg) consumului revine neutralizării apei.

Acest regim, chiar raționalizat, nu reprezintă o alternativă echivalentă față de regimurile chimice care se prezintă în cele ce urmează.

2. *Regim chimic cu dozare de oxigen.* Se aplică în cazul general în care, în circuitul termic al apei, există echipament din oțel-carbon și din alamă. Valorile de realizat și de menținut în apa de alimentare, în zona „rece", sînt

pH, la 25°C	7,6 ÷ 8,5
potențial redox	+300 mV ÷ +400 mV

Adaosul necesar de amoniac, ca soluție amoniacală, pentru neutralizarea și alcalinizarea apei este de cel mult 0,34 mg NH_3/kg (respectiv max. $2 \cdot 10^{-5}$ mol/kg), cea mai mare parte fiind consumată pentru neutralizarea acidului carbonic rezidual.

Oxigenul necesar pentru realizarea valorilor de potențial redox pozitiv se adaugă sub forma unei soluții diluate de apă oxigenată.

Dozarea celor doi agenți chimici are loc în mod continuu.

S-ar părea că prin dozarea în apă a unui captator de electroni, și deci asigurarea unui potențial redox pozitiv, eliminarea totală din apă a impurităților cu caracter reducător pierde din importanța ei, față de regimul chimic de la pct. 1. Acest lucru este, teoretic, corect, însă subaprecierea pretratării intense a apei — consecința acestui punct de vedere — poate, în condițiile actuale de poluare, menține în apă impurități de origine organică, ionogene sau neionogene, care, prin descompunere hidrotermică, dau naștere la o aciditate anorganică a apei din cazan.

În regimurile chimice 1 și 2, funcționarea, după anumite modificări, a degazorului termic ca o treaptă de preîncălzire a apei, prezintă avantajul — sau este chiar necesară — ca în ansamblul circuitului termic al apei pentru cazane să se asigure menținerea condițiilor de p*H* și potențial redox create în mod deliberat. În acest caz nu mai apar pierderi de amoniac (și de oxigen) prin degazorul termic, iar alama țevilor de condensator are și ea condiții de stabilitate termodinamică.

3. *Regim chimic neutru, cu dozare de oxigen.* Se poate aplica numai în cazul în care echipamentul termomecanic nu conține alamă, adică țevile condensatoarelor și ale preîncălzitoarelor de joasă presiune sînt din oțel.

În apa de alimentare se dozează oxigen sub forma unei soluții diluate de H_2O_2; valorile de menținut, corespunzătoare zonei de stabilitate termodinamică pentru fier (conform diagramei din figura 1), sînt:

p*H*, la 25°C	6,85 ÷ 7
potențial redox	$\geq +300$ mV

Dacă „scăpările" de acid carbonic ale filtrului anionic, puternic bazic, o impun, se dozează soluție amoniacală pînă la neutralizarea acidității. Consumul de NH_3, în acest caz, a fost indicat mai înainte. Este preferabil ca degazorul termic să fie modificat într-o treaptă de preîncălzire a apei de alimentare.

În centralele termoelectrice cu livrări de abur (sau de apă demineralizată) către industrie și returnări reduse de condensat, procentul mare de apă de adaos pentru generatoarele de abur impune, după caz, aplicarea regimului chimic al apei acestui component.

Dacă preîncălzirea apei de adaos se face după schema: degazor cu vid — preîncălzitoare de joasă presiune, cu țevi din alamă sau oțel-carbon, se aplică regimul chimic 2. Dacă schema de preîncălzire este: preîncălzitoare — degazor cu presiune, se aplică regimul chimic 1.

Notă. Fundamentarea teoretică a celor expuse în articolul de față se găsește în studiile autorului publicate în revista „Energetica": nr. 4/1974, nr. 2/1975, nr. 9/1977, nr. 9/1978, nr. 10/1979.

(Articol intrat în redacție la 5 decembrie 1981)

Valorificarea resurselor hidroenergetice ale țării

Propuneri pentru îmbunătățirea condițiilor de execuție a centralelor hidroelectrice de mare cădere

Ing. D. Scorțea*)

Experiența acumulată în ultimele două decenii de către unitățile M.E.E. la execuția și exploatarea centralelor de mare cădere din țara noastră trebuie să stea la baza concepției generale a lucrărilor viitoare. În acest sens, în articolul de față se fac cîteva propuneri privind soluțiile constructive ale diferitelor uvraje, care să conducă la îmbunătățirea condițiilor de execuție și de exploatare.

1. În primul rînd ne referim la centrala subterană, și mai precis la soluția constructivă adoptată pentru amplasarea podului rulant.

La lucrările executate pînă în prezent în țară, se constată că s-au utilizat două soluții constructive, și anume:

1.1. Cu calea de rulare pe grinzi solidare cu zona de încastrare a bolții (fig. 1), soluție aplicată la CHE Argeș și CHE Lotru.

1.2. Cu calea de rulare pe grinzi așezate pe stîlpi sprijiniți pe infrastructura centralei (fig. 2),

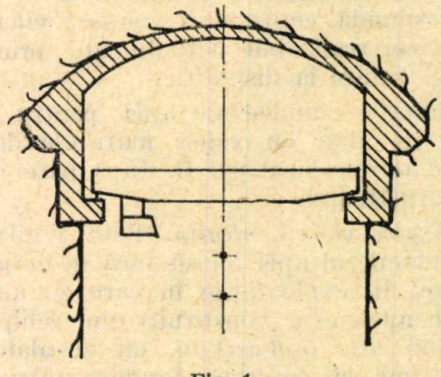


Fig. 1

*) Ing. Dan Scorțea este inginer proiectant principal III în cadrul Trustului Energomontaj.

soluție aplicată la CHE Mărișelu, Gîlceag, Șugag, Rîul Mare-Retezat, Tismana etc.

Cea de-a doua soluție s-a impus, mai ales datorită posibilității reducerii deschiderii podului rulant (care la prima soluție este legată de lățimea cavernei centralei), precum și datorită scurtării duratei de execuție a bolții centralei și economiei de materiale obținute la realizarea acesteia. Soluția prezintă însă dezavantajul major al executării căilor de rulare ale podului rulant, la o fază înaintată de realizare a lucrărilor de construcții-montaj. Aceasta face ca singurul mijloc de mare mecanizare cu care centrala este prevăzută în soluție definitivă să nu poată fi utilizat la realizarea infrastructurii centralei și la montarea principalelor piese înglobate (cot conductă forțată, distribuitor, cot și con aspirator, carcasa spirală etc.).

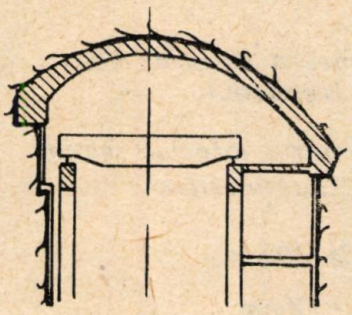


Fig. 2

Experiența a dovedit că acest inconvenient nu a putut fi suplinit prin utilizarea unor macarale cu braț, de mare capacitate, așa cum se procedează la centralele executate la suprafață. Ca urmare, tehnologiile de execuție ale infrastructurii centralei nu permit industrializarea lucrării prin preasamblări de armături sau cofraje și necesită numeroase întreruperi la diferite faze de execuție, pentru tragerea la montaj a pieselor înglobate, realizîndu-se durate de execuție și consumuri de materiale și manoperă exagerate.

Pentru evitarea acestor neajunsuri se propune, pentru amplasarea podului rulant, o soluție constructivă combinată din cele două soluții prezentate, și anume:

1.3. Cu calea de rulare așezată pe o grindă solidară cu zona de încastrare a bolții, cealaltă grindă fiind suspendată și susținută de boltă (fig. 3).

Această soluție poate fi provizorie, încărcarea podului rulant (și deci a grinzilor căilor de rulare), făcîndu-se la o sarcină de numai 200—350 kN, suficientă pentru executarea lucrărilor de construcții la infrastructură și montarea pieselor înglobate.

După terminarea infrastructurii, se vor realiza stîlpii de susținere pentru grinda suspendată de boltă (ca la soluția 1.2), putîndu-se apoi încărca podul rulant la sarcina maximă.

Această soluție prezintă marele avantaj că permite utilizarea podului rulant pentru realizarea unui volum important de lucrări de construcții montaj și nu impune dotarea executanților cu utilaje speciale.

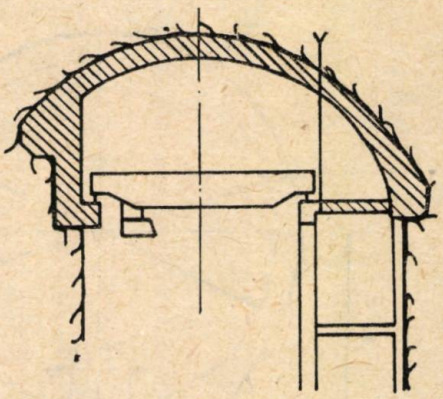


Fig. 3

Totodată trebuie menționată aici și o soluție care s-ar impune net dacă programul de realizare a centralelor hidroelectrice în subteran ar permite înserierea execuției acestora, iar deschiderile la boltă s-ar tipiza. În această situație, bolta se va realiza în soluția 1.1, urmînd a se utiliza ca mijloc de ridicare provizoriu un pod rulant de 200—250 kN.

2. Un alt uvraj la care ne vom referi este „galeria orizontală cu blindaj din tolă metalică".

Execuția unui astfel de uvraj presupune desfășurarea unor operații succesive, cum ar fi: excavația, susținerea provizorie, excavarea radierului, transportul, confecționarea și montarea blindajului, betonarea, injecții, sudarea dopurilor și protecția anticorosivă.

Deoarece nu toate aceste operații se execută de către aceeași unitate sau formație, utilitățile tehnologice (căile de transport, canalele de evacuare a apelor, rețelele de alimentare cu energie electrică sau apă etc.) au un caracter limitat la o operație.

La lucrările executate pînă în prezent, au fost constatate aceste neajunsuri, căutîndu-se de regulă folosirea în cît mai mare măsură a utilităților tehnologice existente de la operația anterioară. Experiența a dovedit că acest lucru nu este posibil totdeauna, decît cu eforturi și cheltuieli nejustificate.

Stabilirea în faza de proiectare a uvrajului a unor soluții tehnologice unitare pentru operațiile de construcții și montaj ar permite reducerea cheltuielilor și scurtarea duratei de execuție, fără schimbarea soluțiilor constructive cunoscute în prezent.

În acest scop se propun următoarele:

— la faza de proiectare a galeriei, în afara secţiunilor-tip prezentate funcţie de rezistenţa rocilor, să se prevadă şi secţiunea-tip pentru zonele ce urmează a se blinda;

— secţiunea-tip pentru zona blindată (fig. 4) trebuie executată cu radierul betonat la cota prevăzută, încă de la faza de excavaţie. În acest fel se evită situaţia actuală, cînd montarea unui tronson de blindaj alternează cu excavarea radierului pentru următorul tronson de blindaj, operaţii care din acest motiv se execută manual şi cu mică productivitate;

— căile de rulare cu ecartament de 760 mm din şină de tip 18 se pot utiliza atît pentru transportul betonului, sterilului, cintrelor etc., cît şi pentru tragerea pe patine a tronsoanelor de blindaj. Totodată şinele vor servi şi pentru ancorarea tronsonului pe durata betonării, ele urmînd a fi înglobate în beton;

— galeria de acces la galeria ce se blindează trebuie să se racordeze cu cota radierului betonat conform secţiunii-tip pentru zona blindată, pentru a permite ca evacuarea apelor din infiltraţii să se facă gravitaţional. Se evită astfel situaţiile actuale în care, după excavarea radierului în vederea introducerii blindajului, zona se inundă, evacuarea apelor făcîndu-se prin pompare.

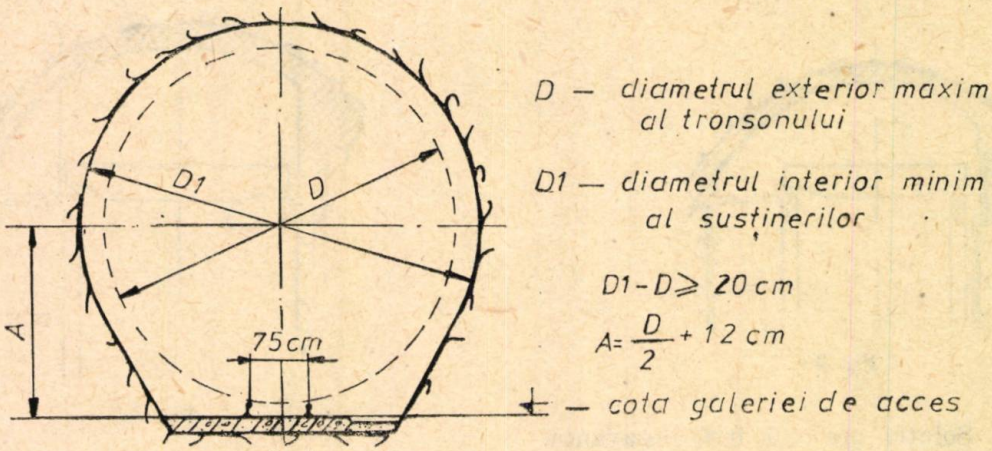


Fig. 4

Considerăm că aceste propuneri nu sînt singurele care se pot generaliza la lucrările viitoare, dar se impun a fi analizate în vederea adoptării lor imediate, avînd în vedere condiţiile de execuţie actuale prezentate.

(Articol intrat în redacţie la 1 februarie 1982)

Consideraţii privind accesul în galeriile forţate de la centralele hidroelectrice

Ing. Lazăr Nicolae*)

Centralele hidroelectrice subterane au porţiunea finală a derivaţiei, prin care apa ajunge spre turbine, realizată sub forma unor galerii sau puţuri forţate. Acestea, după excavaţie, se căptuşesc cu blindaje metalice, iar în spaţiul dintre rocă şi tolă se toarnă beton.

Galeriile forţate care s-au realizat în ţara noastră au avut, de obicei, accesul în perioada de excavaţie pe la partea inferioară (zona centralei) şi pe la partea superioară (zona casei vanelor-fluture). Unele dintre ele, cu lungimi mai mari, au beneficiat însă şi de un acces suplimentar, printr-o galerie intermediară.

Dintre aceste accese, în perioada de montaj s-a folosit, practic, doar accesul pe la casa vanelor, atît pentru activităţile legate de introducerea, centrarea şi sudarea tronsoanelor de blindaj, cît şi pentru cele legate de executarea lucrărilor de protecţie anticorosivă.

Pentru reparaţii în exploatare, deşi accesul preconizat este tot pe la casa vanelor, el nu poate fi folosit decît după demontarea uneia dintre vanele-fluture, iar pentru control, pînă în prezent, s-a intrat fie în acelaşi fel, fie folosind o fereastră de acces din aducţiune şi o gură de vizitare din zona vanelor-fluture.

Accesul cu demontarea vanei-fluture reclamă un interval mare de timp pentru lucrări pregătitoare (demontare vană, introducere platforme şi cărucioare, montare trolii auxiliare la reparaţii etc.), care nu se pot executa decît după oprirea centralei, precum şi pentru cele de evacuare a utilajelor şi amenajărilor de lucru folosite şi remontarea vanei.

*) Ing. Lazăr Nicolae este inginer principal proiectant II în cadrul Trustului Energomontaj.

În cazul în care s-ar putea adopta o soluție mai bună pentru perioada de exploatare, ea ar putea fi folosită total sau parțial și în perioada de montaj.

În categoria soluțiilor mai bune ar putea intra în considerație :

— un acces printr-o galerie realizată în prelungirea galeriei forțate (fig. 1), de felul celei de la CHE Limmern, din cantonul Claris-Elveția ;

— un acces printr-o galerie intermediară (fig. 2).

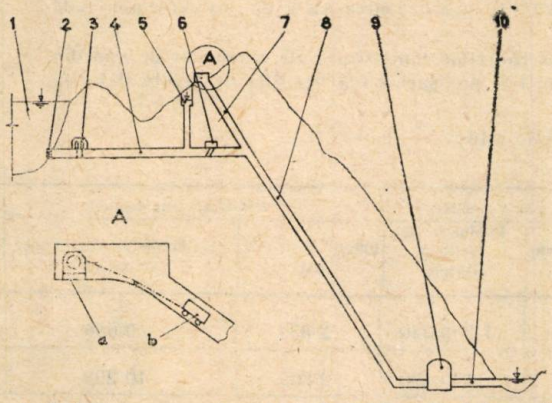


Fig. 1. C.H.E. cu acces în galeria forțată realizat în prelungirea ei :

1 — lac de acumulare ; *2* — grătar priză ; *3* — casa vanelor-priză ; *4* — galerie de aducțiune ; *5* — castel de echilibru ; *6* — casa vanelor-fluture ; *7* — galerie de acces ; *8* — galerie forțată ; *9* — centrala ; *10* — galerie de fugă ; *a* — troliu special persoane ; *b* — cărucior.

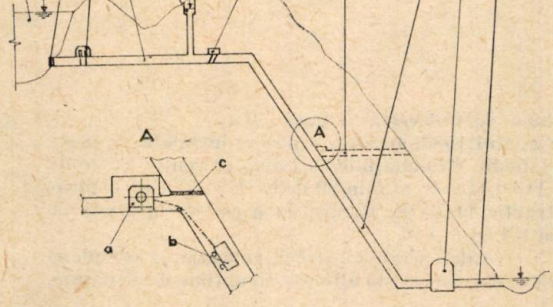


Fig. 2. C.H.E. cu acces în galeria forțată prin galeria intermediară :

1 — lac de acumulare ; *2* — grătar priză ; *3* — casa vanelor-priză ; *4* — galerie de aducțiune ; *5* — castel de echilibru ; *6* — casa vanelor-fluture ; *7* — galerie intermediară de acces ; *8* — galerie forțată ; *9* — centrala ; *10* — galerie de fugă ; *a* — troliu special persoane ; *b* — cărucior ; *c* — pod de separație.

Prima soluție este, evident, cea care asigură condiții optime pentru control și reparații. Toate utilajele, platformele de lucru și cărucioarele pot rămîne în stare de funcționare deasupra nivelului apei (după o poartă de separație), sau pot fi demontate și remontate ori de cîte ori este nevoie, dar fără a necesita oprirea centralei.

De asemenea, ea prezintă mari avantaje la montajul inițial, deoarece, avînd acces direct de pe platforma exterioară, permite creșterea lungimii tronsoanelor de blindaj, care se introduc în galerie, și reducerea duratei de execuție.

Costurile suplimentare ce apar prin realizarea unei porțiuni suplimentare de galerie trebuie, desigur, comparate cu avantajele ce decurg pentru exploatare și pentru perioada de execuție.

Este de așteptat ca în condiții favorabile de teren balanța tehnico-economică să se încline în favoarea adoptării acestei variante la unele dintre viitoarele amenajări.

A doua soluție, deși nu prezintă atîtea avantaje, se poate adopta la oricare din centralele hidroelectrice la care se realizează o galerie intermediară pentru perioada de execuție, galerie care după aceea se abandonează.

În mod cert ea poate constitui o soluție pentru dublarea fronturilor de lucru la realizarea protecției anticorosive, precum și pentru lucrările legate de controlul și repararea ei în exploatare. Pentru aceasta ar trebui să se soluționeze în principal următoarele :

— realizarea unei uși blindate cu profil hidrodinamic în zona galeriei intermediare ;

— fabricarea troliilor speciale, prevăzute pentru amenajările respective, din subansambluri care să poată fi introduse prin galeria intermediară ;

— prevederea unor poduri mobile de separație a fronturilor de lucru și a altor amenajări specifice.

La unele amenajări, funcție de diametrul și lungimea galeriei forțate, ar fi însă posibil ca din galeria intermediară să se poată realiza controlul, pînă la casa vanelor-fluture.

Pentru aceasta ar trebui ca pe lentila vanei să se poată fixa blocul de role necesar pentru instalația de ridicat (practicîndu-se, de exemplu, în ea găuri care în funcționare să fie astupate prin șuruburi cu cap înecat), iar bateriile pentru rolele de susținere a cablurilor de tracțiune să fie adaptate corespunzător.

Găsirea unor soluții mai ușoare și mai rapide de control ar conduce la vizitarea mai frecventă a instalațiilor și implicit la posibilitatea realizării simultane a unor mici reparații locale, care ar favoriza mărirea duratei de viață a protecției anticorosive pe ansamblul galeriei.

(Articol intrat în redacție la 1 februarie 1982)

Potențialul hidroenergetic al Chinei

Republica Populară Chineză dispune de cel mai mare potențial hidroenergetic din lume.

Un prim inventar al potențialului teoretic s-a întocmit în perioada 1954—1955, cînd au fost luate în considerare circa 1600 cursuri de apă dintre cele mai mari, ale căror bazine cuprind peste 70% din teritoriul Chinei, cu o lungime totală de aproximativ 227 000 km și un stoc anual mediu de circa 2 620 km³. După acest inventar, potențialul teoretic al cursurilor de apă era de 580 milioane kW, cu o producție medie anuală de circa 5 100 TWh/an.

Potențialul teoretic al tuturor cursurilor de apă din Republica Populară Chineză, după studiul complet de inventariere din perioada 1977—1980, este de circa 680 milioane kW cu o producție anuală de energie electrică de circa 6 000 TWh, adică circa 13,5% din valoarea mondială.

Potențialul tehnic amenajabil al Chinei este apreciat la circa 380 mil. kW, adică 17,30% din potențialul mondial de circa 2 200 mil. kW, cu o producție medie de circa 1 900 TWh/an, adică circa 19% din valoarea mondială de circa 10 000 TWh/an.

Potențialul deosebit de mare al Chinei se datorește atît căderilor concentrate ale cursurilor de apă din provinciile vestice și sudice, care au un relief accidentat de munți și podișuri, cît și bogăției de debite datorită climatului ploios dominat de vînturile musonice.

Pe principalele regiuni ale țării potențialul hidroenergetic este :

Denumirea regiunii	Potențial teoretic		Potențial tehnic amenajabil		Potențial amenajat *)	
	Producție de energie, GWh/an	%	Putere instalată, MW	Producție de energie, GWh/an	Putere instalată, MW	Producție de energie, GWh/an
China de sud-vest	3 636 714	71	232 340	1 305 040	2 874	9 686
China de nord-vest	575 620	11	41 940	190 490	2 807	10 298
China centrală și de sud	445 358	9	67 440	297 360	5 172	15 665
China de est (+Taivan)	211 291	4	17 900	68 790	2 945	4 998
China de nord	91 542	2	6 920	23 230	542	1 315
China de nord-est	153 300	3	11 990	38 390	1 676	4 710
TOTAL	5 113 825	100	378 530	1 923 300	16 016	46 672

*) Nu sînt cuprinse CHE cu puteri instalate mai mici de 500 kW.

Cea mai bogată zonă cu potențial hidroenergetic este China de sud-vest, cu peste 70%.

Potențialul hidroenergetic amenajat al Chinei, la finele anului 1980, totaliza o putere instalată de peste 20 mil. kW, din care circa 13 mil. kW în cele 113 centrale mari și medii. Productibilitatea acestor centrale este de circa 56 miliarde kWh/an. Peste 2/3 din puterea instalată în cele 113 CHE se află în 20 de CHE (18%) în exploatare, cu puteri de 250 MW și mai mari. În prezent sînt în construcție 11 CHE, fiecare cu o putere instalată de 250 MW sau mai mare, care totalizează o putere instalată de circa 9,4 mil. kW.

China se orientează să folosească în viitor, pentru producerea de energie electrică, amenajarea complexă a marilor cursuri de apă. Pentru fluviile ca Yangtze, Galben, Lancang etc. nu există alte soluții optime decît baraje, acumulări și centrale mari.

Principalele fluvii din China sînt, după potențialul lor (% din potențialul total al Chinei), următoarele : Yangtze — 37% ; Yalungzangbo (Brahmaputra) — 18% ; Nu — 11% ; Fluviul Galben — 6% ; Lancang — 5% ; Zhu — 5%, Heilong — 2% etc. Fluviul Yangtze posedă aproape 2/5 din potențialul țării, Yalungzangbo aproape 1/5, iar rîurile marginale de vest care curg spre sud (Lancang — cursul superior al Mekongului, Salween etc.) 1/5 etc.

Perspectiva de utilizare a potențialului. Pînă în anul 2000, China intenționează să construiască zece sisteme mai însemnate prin ale căror amenajări complexe se va obține o putere instalată de circa 170 mil. kW cu o producție medie de energie electrică de 840 TWh/an. Aceste sisteme sînt : 1 — pe cursul superior al fluviului Galben (Huanghe) ; 2 — rîul Dadu ; 3 — rîul Yalong ; 4 — rîul Jinsha ; 5—rîul Lancang ; 6 — rîul Wu ; 7 — cursul superior al fluviului Yangtze ; 8 — rîul Hongshui ; 9 — Hunan de Vest și 10 — Fujian Zhejang — Jiangxi.

Pentru a răspunde imperioasei cereri de energie a țării, în programul actual de modernizare, China dă o mare atenție amenajării complexe a resurselor hidraulice ale fluviului Yangtze.

Prima lucrare complexă de pe Yangtze, în curs de execuție, o reprezintă barajul Gezhouba, situat imediat în aval de „Cele trei defileuri", pe cursul mijlociu, unde valea se lărgește de la 300 la 2 200 m, fluviul avînd suprafața bazinului de recepție de circa 1 milion km² și debitul mediu de 14 300 m³/s.

Se construiește un baraj de greutate din beton, înalt de 70 m, 2 560 m lungime și cu un descărcător cu 27 de deschideri, capabil să evacueze un debit maxim de 110 000 m³/s. La baraj vor fi două centrale cu 21 de agregate cu un debit instalat de circa 18 000 m³/s și o putere totală de 2 715 MW (2 × 170 și 19 × 125 MW) capabile să producă 13,8 TWh/an.

Acumularea care se va crea va avea un volum de circa 1,58 miliarde m^3. Tot la baraj se prevăd trei ecluze, din care una este cea mai mare din lume (280 m lungime și 35 m lățime).

În iunie 1981, un braț al sistemului a fost redat navigației și primul grup al centralei de 170 MW a fost pus în funcțiune. Toate instalațiile sînt de fabricație chineză.

În amonte de barajul Gezhouba, în Defileurile Yangtze se preconizează realizarea unui baraj de beton precomprimat de 200 m înălțime, care să fie construit la capătul ultimului defileu din aval de Xiling, și alături o centrală hidroelectrică cu o putere de circa 25 milioane kW și o producție de 110 TWh/an. Puterea acestei centrale va fi întrecută numai de centralele din sistemul Inga de pe fluviul Zair din Africa. Aceasta va fi o lucrare de mare anvergură : 25 × 10^6 m^3 de beton, grupuri unitare în centrală de 1 000 MW, 6 ecluze pentru facilitarea navigației fluviale (fiecare ecluză de 280 × 34 m și nivelul de apă din ecluza cea mai de sus va fi de circa 130 m mai sus față de ecluza cea mai de jos). În spatele barajului se va crea o acumulare de 70 miliarde m^3, care va contribui și la atenuarea viiturilor de 110 000 m^3/s și va permite, pe cea mai lungă cale fluvială din lume, un trafic anual de peste 50 milioane tone.

China, cu un bogat potențial hidroenergetic, a dus și duce o politică energetică de utilizare simultană de mari sisteme hidroenergetice în paralel cu CHE de mică putere. Această politică se impune în special pînă la realizarea unui sistem energetic care să acopere întregul teritoriu al țării.

Potențialul hidroenergetic amenajabil în CHE mici, exprimat în putere instalată, reprezintă circa 1/5 din potențialul tehnic amenajabil total.

Realizarea de CHE mici a început să se dezvolte la începutul decadei 1950, ca urmare a cooperativizării agriculturii. Pînă în prezent, în Republica Populară Chineză, în mai mult de 1 500 de districte s-au realizat circa 90 000 de CHE mici cu o putere instalată de circa 7 milioane kW și o producție medie de circa 12,7 miliarde kWh.

În ultimele trei decenii, China a făcut progrese deosebite în construcția de CHE mici, ceea ce a atras atenția întregii lumi. În octombrie 1980, la sugestia ONU pentru dezvoltarea industrială (ONUDI), Ministerul Lucrărilor Hidraulice al Chinei a convocat la Nangzhou o conferință internațională cu privire la CHE mici, cu participarea reprezentanților din 24 de țări. În scopul promovării unor schimburi tehnice și de cooperare internațională pentru construirea de CHE mici, conferința a recomandat să se stabilească în Nangzhou un centru regional de investigație pentru dezvoltarea CHE mici.

În același an, în luna noiembrie, la Nangzhou a avut loc o expoziție de prezentare a echipamentului electromecanic destinat pentru CHE mici. Cu această ocazie s-a arătat că în China sînt 100 de uzine care produc 80 de feluri de turbine hidraulice și mai mult de 120 de sorturi de generatoare cu puteri de 10 kW — 10 MW. Anual China produce echipament electromecanic destinat micilor CHE pentru o putere instalată de peste 1 milion kW, parțial fiind exportate.

Ing. D. Spiridon
— I.S.P.H.—

Invenții — inovații*)

)mpoziție ignifugă pentru polimeri

erere de brevet : nr. 97909
revet R. S. România : nr. 77031
utori : Ing. Lelian Cioroianu și tehn. Romulus Petru Șdirea
itular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) București

Invenția se referă la o compoziție protectoare contra incenilor și la procedeul de preparare a acesteia.

Instalațiile întreprinderilor, uzinelor, fabricilor, centrale r electrice, telefonice etc. sînt înzestrate cu un mare număr e cabluri electrice dispuse sub formă de poduri de cabluri, otiv pentru care în permanență există pericolul apariție incendiilor.

În general, cablurile sînt acoperite cu un înveliș protector e masă plastică. În cadrul celor protejate cu policlorură vinil, după un incendiu, pe lîngă pagubele primare de ardere, ar și pagube secundare, ca urmare a degajării de acid clorhic. Acesta poate reacționa cu apa folosită la stingerea cendiului sau cu umiditatea ambiantă, formînd picături soluție de acid clorhidric capabilă să creeze fisuri în betonul nstrucțiilor și chiar să atace oțelul de armare.

Ținînd seama de cele de mai sus, apare necesitatea obținei unei compoziții ignifuge, care să se poată aplica atît pe ibluri cît și pe lemn, masă plastică și alte materiale combustile, fiind și suficient de flexibilă pentru a împiedica apariția ăpăturilor și a permite accesul cablurilor individuale la odurile de cabluri.

Sînt cunoscute compoziții protectoare contra incendiilor, bază de clorcauciuc, însă ele conțin solvenți organici latili, cum ar fi toluenul, benzina etc., care sînt inflamabili toxici, prezentînd pericol pentru lucrătorii ce aplică acoperirea, mai ales în cazul montării cablurilor în spații subterane, și generînd și inconvenientul apariției de zone de umflare cînd stratul protector este mai gros.

Sînt cunoscute, de asemenea, compoziții pe bază de emulsie de poliacetat de vinil, care însă nu sînt flexibile, deci există pericolul apariției de crăpături. Pentru aplicarea acestor compoziții pe poduri de cabluri electrice, de exemplu, este necesară aplicarea mai întîi a două straturi de cerneală helio sau vinilflex cu intervalul de uscare între straturi de 24 ore, în scopul asigurării aderenței. În același scop, podurile de cabluri trebuie în prealabil curățate. Dacă stratul protector se aplică în exterior sau în spații umede, vopseaua se protejează cu două straturi de acoperiri pe bază de clorcauciuc, cu interval de uscare între straturi de 24 ore. Vopseaua propriu-zisă se aplică în număr relativ mare de straturi (6—8 straturi), de unde inconvenientul unui consum mare de material și al unui preț ridicat avînd în vedere costul mare pe kilogramul de compoziție protectoare. La toate aceste inconveniente se mai adaugă încă unul, și anume timpul relativ lung de realizare a stratului protector final, avînd în vedere numărul mare de straturi aplicate și timpul lung de uscare.

Sînt cunoscute și compoziții protectoare contra incendiilor pe bază de emulsii apoase de rășină, spre exemplu poliacetat de vinil, latex de cauciuc GRS sau natural, rășină acrilat sau metaacrilat, poliuretan elastomer, copolimer de acetat de vinil cu clorură de vinil sau rășină epoxi cu adaos de plastifianți, hidrocarburi clorurate și substanțe anorganice de umplutură și fibroase. Aceste compoziții asigură protecția contra incendiilor, sînt suficient de flexibile, însă se aplică în număr relativ mare de straturi și au costuri relativ mari pe kilogramul de compoziție.

Invenția înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că realizează compoziția și procedeul de preparare a materialului antiincendiar, atît pentru protejarea podurilor de cabluri electrice cît și a altor materiale combustibile (lemn, masă

*) Rubrică alcătuită de ing. Const. Văideanu — CEMENERG.

plastică etc.), cu bună aderență și flexibilitate, în scopul eliminării posibilităților de apariție a crăpăturilor, aplicabilă în număr relativ redus de straturi prin pulverizare, pensulare, spăcluire sau stropire, cu preț de cost pe kilogramul de material protector mai redus decît cel al compozițiilor cunoscute (circa jumătate din prețul de cost al compozițiilor cunoscute) și aparatură și tehnologie de fabricație simple. Timpul de aplicare a materialului protector este scurt, avînd în vedere viteza mare de uscare. Pentru a asigura aderența necesară, nu este nevoie de tratarea suprafețelor respective cu un grund.

Prezenta compoziție antiincendiară cuprinde un sistem dispers rășinos miscibil cu apă, un plastifiant, o hidrocarbură clorurată și unul sau mai multe materiale anorganice necombustibile, dintre care unele cu structură fibroasă, iar altele cu structură pulverulentă.

Rășinile folosite la prepararea sistemelor disperse rășinoase apoase pot fi poliacetat de vinil, cauciuc GRS, cauciuc natural, rășini acrilat sau metaacrilat, un elastomer poliuretanic, un copolimer de acetat cu clorură de vinil sau rășini epoxidice, ele introducîndu-se în compoziție în cantitate suficientă pentru a se obține un strat protector aderent și flexibil. Cantitățile-limită ce se pot utiliza sînt de 5 procente în greutate minimum și de 26 procente în greutate maximum de material solid raportat la greutatea totală a compoziției.

În cazul în care în compoziție se utilizează și un plastifiant în scopul îmbunătățirii flexibilității stratului protector, acesta se alege în raport cu rășina de bază, funcție de compatibilitate. Raportul în care se utilizează este de 1 pînă la 7 procente în greutate. În cazul emulsiilor de poliacetat de vinil spre exemplu, se pot utiliza ca plastifianți dibutilftalat, diizobutiladipat, diizooctiladipat, di-2-etil-hexil-4-tioazelat, trietilcitrat, tri-*n*-butilcitrat, epoxi tip plastifiant, di-(izodecil)-4,5-epoxi-tetrahidroftalat, tributilfosfat, tri β cloretil-fosfat, tributoxi-etil-fosfat, alchil-aril-fosfat, triclor-etil-fosfat, trifenil-fosfat, tricrezil-fosfat, tri-dimetil-fenil-fosfat, tri-(diclor-propil)-fosfat, tri-(diclor-etil)-fosfat, dimetil-fosfat, dietil-ftalat, diizobutilftalat, diamil-ftalat, diizooctil-ftalat, dibutoxi-etil-ftalat etc.

Hidrocarbura clorurată utilizată în compoziție are și rol secundar de plastifiant, însă în principal se utilizează pentru furnizarea clorului necesar formării pentaclorurii de stibiu (gaz dens) ce apare la limita suprafeței de ardere în procesul de combustie prin reacția cu trioxidul de stibiu prezent în compoziție și are rolul de a localiza incendiul. Se pot utiliza parafine, naftaline, terfenili cloruraţi sau amestecuri ale acestora în diverse proporții. Hidrocarburile clorurate cu conținut de 42 pînă la 70% clor se folosesc de la 0,5 la 18 procente în greutate în compoziție.

Ca material anorganic necombustibil pulverulent este prezent în rețetă un compus pe bază de stibiu, de exemplu trioxidul de stibiu, în proporție de 0,3 pînă la 20 procente în greutate, avînd rolul de a genera în procesul de combustie pentaclorura de stibiu, cu rol de localizare a flăcării.

Acoperirea protectoare antiincendiară cuprinde și un material anorganic necombustibil cu structură fibroasă, spre exemplu azbest fibros sau fulgi, fibre de sticlă, material fibros pe bază de zgură și pe bază de caolin, care, în ultimă instanță, prin împîslire, formează un strat de protecție ca o țesătură ; acesta nu se desprinde de pe materialul protejat nici după combustie, avînd și rolul de a împiedica difuzia oxigenului din aer spre interiorul materialului protejat în timpul combustiei, deci de a limita acțiunea flăcărilor. Proporția optimă este cuprinsă între 25 și 90 procente în greutate.

Pentru prepararea compoziției protectoare antiincendiare se amestecă sistemul dispers rășinos de bază, care poate fi sau nu plastifiat din fabricație, cu hidrocarbura clorurată, pînă ce se formează un amestec omogen. În cazul în care rășina de bază nu este plastifiată se introduce în compoziție și plastifiantul compatibil cu ea. Apoi se adaugă compusul de stibiu și materialul necombustibil fibros, cu agitare continuă pînă la omogenizare.

Compoziția protectoare se poate prepara sub formă fluidă sau de pastă, aplicîndu-se prin pulverizare, pensulare, stropire, spăcluire.

După aplicare și evaporarea apei, rezultă un strat protector cu compoziția :

Component	Procente în greutate
Rășină de bază solidă	28,2
Plastifiant	2,0
Hidrocarbură clorurată	5,5
Compus de stibiu	8,8
Compus anorganic fibros	55,4

O mostră de acoperire protectoare uscată poate conține de la 4 la 29 procente în greutate rășină solidă, de la 1 la 6 procente în greutate plastifiant, de la 3 la 25 procente în greutate hidrocarbură clorurată, de la 2 la 25 procente în greutate compus de stibiu și de la 6 la 80 procente în greutate compus anorganic fibros.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenției.

În cele ce urmează se prezintă rețeptura după care se lucrează, precum și modul de lucru.

Component	Procente în greutate
Dispersie apoasă 50—60% de poliacetat de vinil	23—28
Dibutilftalat	1— 3
Parafină clorurată 42—70 % clor	4— 7
Trioxid de stibiu	2— 6
Azbest fulgi	25—40
Apă	20—50

Dispersia apoasă 50—60% poliacetat de vinil se amestecă pînă la omogenizare cu parafina clorurată, dibutilftalatul și apa într-un malaxor cu agitator cu mișcare planetară, timp de 10—30 min, pînă la obținerea unui material omogen.

În compoziția astfel obținută se dozează trioxidul de stibiu în porțiuni mici, sub agitare continuă, timp de 15—45 min pînă la omogenizare.

Se adaugă treptat azbestul fulgi, cu agitare continuă timp de 45—90 min.

Compoziția rezultată se poate aplica prin pulverizare pe poduri de cabluri electrice, lemn, masă plastică și alte materiale combustibile.

Compoziția protectoare se aplică în mai multe straturi, intervalul de uscare a stratului fiind de circa 2—3 ore. După aplicarea ultimului strat, se lasă să se usuce 2—3 zile, după care se poate testa, verificîndu-se rezistența la flacără.

Acoperirea antiincendiară este rezistentă la rupere, flexibilă, ignifugă, inodoră, netoxică și aderentă.

Utilizarea în diverse domenii a protecției antiincendiare conform invenției, oferă o serie de avantaje :

— eliminarea cheltuielilor de înlocuire a cablurilor electrice sau a altor materiale și aparate distruse prin incendii ;

— siguranța în funcționare a agregatelor protejate contra incendiilor ;

— timp de aplicare a materialului relativ scurt, avînd în vedere numărul redus de straturi protectoare, viteza mare de uscare a lor și faptul că vopseaua este pulverizabilă ;

— preț de cost redus pe kilogramul de material (circa de 2—3 ori mai redus față de acoperirile protectoare antiincendiare cunoscute în prezent).

Bibliografie

[1] * * * Brevet Franța 1 297 710, Co8 F 45/58 45/1 29 noiembrie 1972.

[2] Blaga, A. și Robu, C. *Chimia și tehnologia polimerilor pentru pelicule.* Editura tehnică, București, 1977.

] Horun, S. *Aditivi pentru prelucrarea polimerilor*. Editura tehnică, Bucureşti, 1978.
] Fica, C. *Emulsii şi suspensii farmaceutice*. Editura medicală, Bucureşti, 1973.
] Anastasiu, E. şi Jelescu, E. *Detergenţi şi alţi agenţi de suprafaţă*. Editura tehnică, Bucureşti, 1968.

occdeu şi instalaţie pentru realizat elemente schimbătoare căldură sub formă de rulouri utilizate în turnurile de răcire

— Cerere de brevet : nr. 95 133
— Brevet R. S. România : nr. 76 344
ıtor : Cinski Eugeniu Dan
tular : Institutul de cercetări şi modernizări energetice CEMENERG) Bucureşti
Prezenta invenţie se referă la un procedeu şi la o instalaţie stinată realizării de rulouri autoportante din plasă, necesare ıpluturilor de răcire din turnurile de răcire.

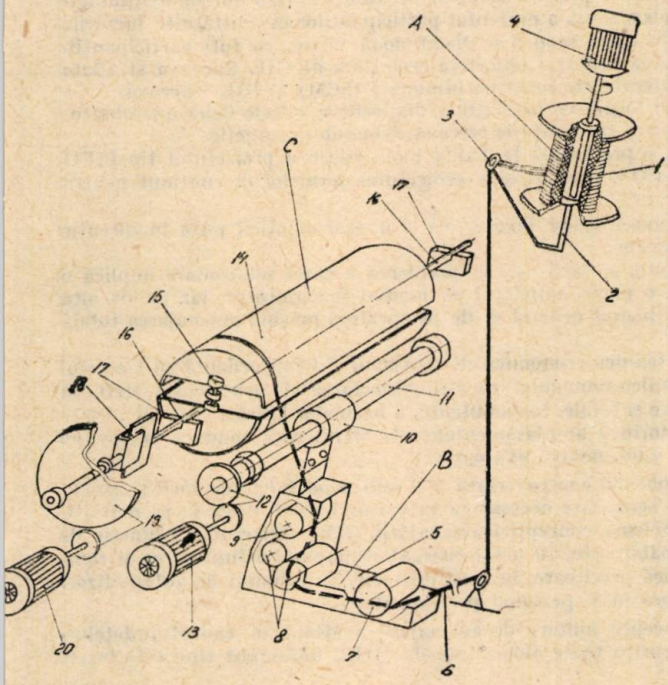


Fig. 1. Vedere în perspectivă a instalaţiei.

Se cunosc rulourile executate din plasă de polietilenă de ıasă densitate, la care, pentru obţinerea formei, se utilizează spirală metalică. Dezavantajele principale ale acestei soluţii pe care le înlătură prezenta invenţie sînt :

1. Folosirea spiralei metalice îmbrăcate în polietilenă pentru alizarea formei circulare a ruloului, precum şi însăşi folosirea etalului în proporţie de circa trei ori mai mult decît polielena, adică circa 100 t la un turn de răcire de 40 000 m^3/h.

2. Lipsa rigidităţii ruloului din polietilenă cu spirală melică.

3. Tehnologia de obţinere a ruloului din polietilenă antreează în prezent instalaţii complexe dintr-o serie de unităţi ıimice, ceea ce creează probleme ritmicităţii producţiei.

4. Riscul de incendiu.

Procedeul conform invenţiei înlătură dezavantajele menonate prin aceea că utilizează ca materiale răşină poliesteică şi fibră de sticlă, care conferă ruloului forma şi, în plus, ıiditatea necesară utilizării, eliminînd totodată spirala etalică, simplificînd tehnologia şi micşorînd riscul de inndiu.

Instalaţia conform invenţiei înlătură dezavantajele amintite, prin aceea că elimină utilizarea unei serii de maşini complexe şi forţa de muncă corespunzătoare, necesare în soluţia ruloului de polietilenă.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenţiei (fig. 1).

Procedeul prezentat constă în înfăşurarea de fibră de sticlă impregnată în răşină poliesterică pe un tambur de înfăşurare, astfel încît să se realizeze o plasă cu ochiul de dimensiunile dorite, iar după polimerizarea răşinii poliesterice, eventual în cuptor la temperaturi de 80—100°C, prin decofrare de pe tambur să rezulte ruloul rigid.

Instalaţia conform invenţiei este compusă dintr-un subansamblu de răsucire *A*, avînd rolul de a răsuci fibra de sticlă în scopul măririi rigidităţii ruloului, o cuvă de impregnare *B*, prin care fibra răsucită este trecută prin baia de răşină poliesterică, şi un tambur de înfăşurare *C*, pe care se depune fibra impregnată în scopul obţinerii ruloului din plasă rigidă.

Subansamblul de răsucire *A* se compune dintr-un tambur fixat prin rulmenţi pe un ax *2* şi de pe care se desfăşoară fibra de sticlă, trecînd printr-un inel de răsucire *3*, antrenat în mişcare de rotaţie de un motor electric *4*, prin intermediul axului *2*.

Cuva de impregnare *B* se compune din baia propriu-zisă *5*, prin care trece fibra de sticlă *6*, obligată de un tambur de dirijare *7* şi două tamburi de ieşire şi stoarcere a fibrei, *8*, precum şi un tambur de dirijare *9*, de pe care fibra trece pe tamburul de înfăşurare. Cuva de impregnare este solidară cu o piuliţă *10*, comandată de un şurub *11* în mişcare de rotaţie comandată prin intermediul unui subansamblu de roţi dinţate *12*, de către un motor electric *13*.

Tamburul de înfăşurare este compus din tamburul propriuzis *14*, realizat dintr-o conductă tăiată pe două generatoare diametral opuse, solidarizate la capete prin două şuruburi stînga-dreapta cu piuliţa *15*, care permit, prin strîngerea celor două jumătăţi de conductă, apropierea necesară decofrării ruloului rigid. Tamburul de înfăşurare este solidar pe un ax *16* sprijinit pe două lagăre *17*, la un capăt fiind prevăzut cu sistemul de cuplă *18*, prin care este antrenat cu un sistem de roţi dinţate *19* (sau curele) de către un motor electric *20*.

Funcţionarea instalaţiei este următoarea :

Fibra de sticlă se desfăşoară de pe tamburul *2* al subansamblului de răsucire, este răsucită prin mişcarea de rotaţie a inelului *3*, se impregnează în baia de impregnare *5*, fiind dirijată de tamburele *7*, *8*, *9*, şi se desfăşoară pe tamburul de înfăşurare propriu-zis.

Unghiul dintre firele plasei se realizează din viteza de deplasare a tamburului de dirijare a fibrei *9*, în lungul tamburului de înfăşurare *14*. Dimensiunea ochiului plasei se stabileşte prin numărul de treceri ale fibrei în lungul tamburului de înfăşurare.

Ca materiale se utilizează : fibră de sticlă şi răşină poliesterică.

Pentru obţinerea caracteristicilor de rezistenţă la foc, se foloseşte o răşină poliesterică cu proprietăţi adecvate.

Prin aplicarea invenţiei se obţin următoarele avantaje :

— rigidizarea ruloului ;

— se exclude folosirea metalului, prin desfiinţarea spiralei metalice ;

— se creează condiţii pentru confecţionarea de pachete de rulouri rigide, cu efecte asupra productivităţii muncii ;

— se simplifică tehnologia de realizare şi montare a rulourilor şi se reduce forţa de muncă necesară ;

— se obţine o greutate mai scăzută pentru 1 m liniar de rulou ;

— se poate obţine o reducere a riscului de incendiu în proporţie sporită şi pe durată nelimitată, utilizîndu-se o răşină poliesterică corespunzătoare.

Bibliografie

[1] *** Brevet R.S. România nr. 84 999.

Cronică

Consfătuirea de lucru pe tema valorificării micropotențialului hidroenergetic al țării

– Suceava, 27–28 aprilie 1982 –

Din inițiativa Centralei industriale de rețele electrice (CIRE), a fost organizată la IRE Suceava, în zilele de 27–28 aprilie 1982, o consfătuire pe tema valorificării micropotențialului hidroenergetic al țării prin proiectarea și construcția de microhidrocentrale (MHC).

La consfătuire au participat directorii-adjuncți, șefii șantierelor de construcții-montaj și șefii colectivelor de proiectare MHC din toate întreprinderile de rețele electrice din țară în ale căror teritorii pot fi amenajate astfel de obiective.

Lucrările consfătuirii au fost conduse de ing. Ion St. Ion – directorul Direcției de investiții din cadrul CIRE. Abordată în contextul imperativelor rezultate din lucrările Plenarei C.C. al P.C.R. din 31 martie 1982 cu privire la realizarea programului de producere a energiei în cincinalul 1981–1985 și dezvoltarea bazei energetice a țării pînă în 1990, consfătuirea, cu caracter exclusiv de lucru, a dezbătut timp de două zile, pe fundalul realizărilor IRE Suceava în domeniul proiectării și execuției MHC, întreaga gamă a problemelor legate de grăbirea ritmului realizării investițiilor acestor obiective cu un important aport în balanța energetică a țării. În cadrul consfătuirii, IRE Suceava a prezentat o microexpoziție grafică privind soluțiile de valorificare a micropotențialului hidroenergetic al județelor Suceava și Botoșani și, în același timp, a prezentat participanților la consfătuire lucrările aferente execuției în teren a trei microhidrocentrale. În acest scop s-au făcut două vizite, cu toți participanții, pe șantierele MHC din zona Rădăuți și Gura Humorului la cele trei obiective proiectate de IRE Suceava și aflate în execuția Lotului de construcții MHC din cadrul Șantierului de construcții-montaj (SCM) al IRE Suceava.

De asemenea, IRE Tg. Mureș a prezentat sub formă de proiecții – diapozitive – cele două microhidrocentrale realizate pe pîriul Giurghiului și care funcționează racordate la rețeaua sistemului energetic.

În cadrul consfătuirii, pe secții, a fost lansată și prezentată la ISPH noua ediție a proiectului tip ISPH nr. H-4815–81 „Microhidrocentrale cu turbine EOS și FO", precum și a proiectului normelor de conținut pentru elaborarea documentațiilor de investiții pentru MHC.

Dezbaterile care au avut loc pe marginea prezentărilor făcute, ca și a problematicii pusă în discuție au condus la următoarele concluzii, considerate ca esențiale:

– Amenajarea micropotențialului hidroenergetic al țării este o problemă a cărei soluționare implică o abordare sistemică și unitară, avînd în vedere, pe de o parte, impactul cu mediul înconjurător, iar pe de altă parte corelația cu alte utilități, inclusiv încadrarea în planul general și de perspectivă privind amenajarea totală și complexă a tuturor riurilor țării.

– Avînd în vedere realizarea unor indicatori tehnico-economici cît mai buni (în concordanță cu Decretul 202/1981), este recomandabil, din punct de vedere tehnico-economic, ca atît proiectarea cît și execuția MHC să se facă prin luarea în considerare a amenajării complexe și totale, concomitente, a bazinelor hidrografice ale pîraielor, evitînd abordarea dispersată concomitentă în teritoriu a amplasamentelor de MHC, care conduce la costuri neeconomice atît pentru organizările de șantier cît și, apoi, pentru exploatare.

– Concepția amenajării MHC este încă o problemă controversată atît sub aspectul proiectării și execuției, cît și, mai ales, sub aspectul exploatării. În acest sens, este necesar ca în cel mai scurt timp să se definitiveze, de către CIRE și ISPH cu sprijinul CNST, problema concepției amenajării MHC (diferențiate funcție de puterea și caracteristicile lor), a regimului lor de exploatare etc. În acest context se impune definitivarea și completarea proiectului-tip ISPH-4815/81 cu partea electrică privitoare, în mod deosebit, la volumul de automatizări necesar MHC, avînd în vedere ideea exploatării acestora fără personal permanent.

– Pentru asigurarea materializării unei concepții unitare de amenajare a MHC, în cadrul județelor, IRE-urile trebuie să aibă rolul de proiectant general pentru toate obiectivele de MHC, indiferent cine este beneficiarul de investiții.

– În amenajările de MHC trebuie să se aibă în vedere utilizarea intensă a materialelor de construcții locale, evitîndu-se utilizarea abuzivă a materialelor energointensive.

– Este necesară întărirea colectivelor de proiectare MHC din cadrul atelierelor de proiectare ale IRE, în perspectiva anilor ce urmează, avînd în vedere volumul mare de lucrări. De asemenea se impune crearea și dotarea cu utilaje corespunzătoare a loturilor de construcții MHC în cadrul SCM aparținînd IRE, pentru executarea unor volume cît mai mari de lucrări complete de MHC (și nu numai anumite părți din ansamblul lucrărilor unor MHC).

– Se impune perfecționarea și formarea specialiștilor în domeniul proiectării, execuției și exploatării MHC, inclusiv prin realizarea cîtorva programe de specialitate în cadrul Centrului de perfecționare al lucrătorilor din M.E.E.

În cadrul consfătuirii s-au mai dezbătut și alte probleme cu conținut operativ, curent și de detaliu, urmînd ca CIRE – Direcția de investiții – să difuzeze o circulară către IRE care să includă întreg ansamblul de probleme cu caracter de directivare și aplicare referitoare la realizarea MHC, așa cum au fost sintetizate în cadrul consfătuirii.

Este neîndoielnic că această consfătuire se înscrie ca un important moment de referință în progresul făcut pe linia valorificării micropotențialului hidroenergetic al țării, potrivit politicii energetice a partidului și statului nostru.

Ing. **Romulus Sfichi**

Din sumarul revistelor*)

Siromahov, B. *Sistem de proiectare automatizată a liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune* (Sistema avtomatizirovannovo proektirovaniia vozdușnih setei visokovo napreaeniia). Energhetika, nr. 2, 1982, p. 14—17.

* * *Rezultatele tehnice de exploatare pentru anul 1980.* Revue générale de l'électricité, nr. 4, 1981, p. 308—311.

Coupin, Y. *Energia electrică în politica energetică a Franței.* Revue générale de l'électricité, nr. 4, 1981, p. 243—248.

Deletang, P. *Noua concepție a posturilor de 400 kV din rețeaua franceză* (Nouvelle conception des postes à 400 kV du réseau français). Revue générale de l'électricité, nr. 7—8, 1981, p. 530—549.

Leclerc, P. ș.a. *Tehnici care permit punerea de acord a creșterii capacității de transport a liniilor de foarte înaltă tensiune și a reducerii impactului lor asupra mediului înconjurător* (Techniques permettant de concilier l'accroissement de la capacité de transport des lignes à très haute tension et la réduction de leur impact sur l'environnement). Revue générale de l'électricité, nr. 7—8, 1981, p. 513—519.

Deschamps, L. și Michel, R. *Tehnici actuale și perspective de dezvoltare a cablurilor de 400 kV cu izolație de hîrtie impregnată cu ulei, sintetică sau gazoasă* (Techniques actuelles et perspectives de développement des câbles 400 kV á isolement papier-huile, synthétiques ou gazeux). Revue générale de l'électricité, nr. 7—8, 1981, p. 520—529.

Fournié, R. *Economiile de energie antrenate de adoptarea noului palier tehnic al condensatoarelor de putere* (Les économies d'énergie entrainées par l'adoption du nouveau palier technique de condensateurs de puissance). Revue générale de l'électricité, nr. 9, 1981, p. 634—636.

Goffaux, R. *Cauza posibilă a dispersiei importante a legilor care guvernează îmbătrînirea electrică a izolațiilor cu mică de înaltă tensiune* (Cause possible de la dispersion importante des lois régissant le vieillissement électrique d'isolations micacées HT). Revue générale de l'électricité, nr. 9, 1981, p. 637—647.

Guyon, F. *Considerații asupra exploatării pompelor de căldură care înlocuiesc boilerele* (Point sur l'exploitation des pompes à chaleur en relève de chaudières). Revue générale de l'électricité, nr. 12, 1981, p. 894—896.

Jyglunent, B. *Instalații de încălzire a oțelului prin conducție prin inducție* (Installations de chauffage de l'acier par conduction et par induction). Revue générale de l'électricité, nr. 12, 1981, p. 908—913.

Von Bülow, A. *Probleme actuale ale politicii în materie de cercetare și de energie* (Aktuelle Probleme der Forschungs-und Energiepolitik). Der Maschinenschaden, nr. 1, 1982, p. 1—4.

Feldmann, J. și Dangelmaier, P. *Asigurarea care acoperă centralele nucleare — experiențe și statistici ale dezastrelor* (Versicherung von Kernkraftwerken — Erfahrungen und Schadenstatistiken). Der Maschinenschaden, nr. 1, 1982, p. 5—11.

Föringer, R. *Pagube întîlnite în centralele nucleare germane* (Schaden in deutschen Kernkraftwerken). Der Maschinenschaden, nr. 1, 1982, p. 12—18.

Grossdorf, T. *Dublul comportament al materialelor de construcție în cazul unui incendiu real și cu ocazia testelor* (Brandverhalten in Werkstoffen und Bauteilen in Versuch und Praxis). Der Maschinenschaden, nr. 1, 1982, p. 24—28.

* * *Examenul influențelor pe care le au materialele asupra uzării lagărelor de alunecare* (Untersuchung des Werkstoffeinflusses auf die Fressempfindlichkeit von Gleitlagern). Der Maschinenschaden, nr. 1, 1982, p. 28—29.

Gloria, G. și Zunino, E. *Procedura integrată de proiectare adresată la îmbunătățirea randamentului turbinei cu abur* (Procedura integrata di progettazione finalizzata al miglioramento del rendimento delle turbine a vapore). La Termotecnica, nr. 10, 1981, p. 496—503.

Lorenzi, A. și Muzzio, A. *Profiluri ale fracționării vidului existent în fluxul bifazic aer-apă la trecerea acestuia prin tuburi Venturi* (Sulla distribuzione della frazione di vuoto nel flusso bifase aria-acqua in tubi venturi). La Termotecnica, nr. 10, 1981, p. 504—510.

Perin, P. *Colectorul solar modular Miazzon mod W W raportat la un nou sistem solar* (Il collettore solare modulare Miazzon mod. W W verso una nouva impiantistica solare). La Termotecnica, nr. 10, 1981, p. 523—528.

Betta, V., Cesarano, A. și Naso, V. *Stație-pilot cu pompă de căldură asistată solar* (Impianta pilota a pompa di calore elioassistita). La Termotecnica, nr. 11, 1981, p. 554—569.

Del Tin, G. și Panella, B. *ENPOLI — un cod pentru calcularea generatoarelor de abur cu circulație naturală* (ENPOLI — Un codice per il calcolo dei generatori di vapore a circolazione naturale). La Termotecnica, nr. 11, 1981, p. 589—595.

Cerri, G. și Chiatti, G. *Comportamentul dinamic al unui schimbător de căldură tubular cu fluid de condensare* (Funzionamento non stazionario di uno scambiatore di calore „shell and tube" con fluido condensante). La Termotecnica, nr. 1, 1982, p. 3—9.

Castelli, F. *Măsurarea rezistenței în c.a. a marilor conductoare pentru cabluri* (La misura della resistenza in c.a. dei grossi conduttori per cavi). L'Energia Elettrica, nr. 2, 1982, p. 74—85.

Caroppo, L. *Considerații asupra fuzibilelor limitatoare de curent* (Alcune considerazioni sul fuzionamento dei fusibili limitatori di corrente). L'Energia Elettrica, nr. 2, 1982, p. 86—92.

Willems, J. *Noțiunea de putere reactivă în regimurile periodice nesinusoidale* (Het reactief vermogen in niet-sinusoidaal bedrijf). SRBE-KBVE, nr. 4, 1981, p. 267—272.

Frerotte, M. *Diversificarea și economiile de energie în Belgia* (La diversification et les économies d'énergie en Belgique). SRBE—KBVE, nr. 4, 1981, p. 275—281.

Lefevre, A. *Cercetarea defectelor în cablurile subterane de distribuție a energiei* (Recherche des défauts dans les câbles souterrains de distribution d'énergie). SRBE—KBVE, nr. 4, 1981, p. 282—292.

Düren, C. *Influența conținutului de sulf asupra crăpăturilor la rece ale oțelurilor conductelor cu diametru mare — teste de implantare ale sudurilor realizate cu ajutorul electrozilor înveliți cu Ce* (Influence of the sulphur content on cold cracking in large-diameter pipe steels — Implant tests on weldments carried out with Ce covered electrodes). 3 R International, nr. 3, 1982, p. 74—79.

Gaessler, H. și Sawitzki, M. *Comportamentul țevilor de conducte din oțel sudat HF în timpul testărilor timpului hidrostatic* (Verhalten HFI-geschweisster Stahlleitungsrohre bei der Wasserdruckprüfung im Feld). 3 R International, nr. 3, 1982, p. 86—92.

Seifert, K. *Efectul diverselor forme de crestături asupra comportamentului oțelurilor din care sînt confecționate conductele în timpul testelor de scădere a greutății* (Einfluss unterschiedlicher Kerbformen auf das Verhalten von Rohrstählen im Fallgewichtsversuch). 3 R International, nr. 3, 1982, p. 92—99.

Fritsch, H. *Pulsația presiunii și fenomenele de rezonanță constatate în țevile pompelor cu piston plonjor și oscilații pozitive* (Druckpulsation und Rezonanzerscheinungen in Rohrleitungen oszillierender Verdrängerpumpen). 3 R International, nr. 3, 1982, p. 99—105.

Hautzenberg, H. și Klinger, F. *Centrala hidroelectrică de la Annabrücke pe Drau : economia de energie, măsuri de protecție a mediului înconjurător și economie* (Das Draukraftwerk Annabrücke : Energiewirtschaft, Umweltschutzmassnahmen und Wirdschaftlichkeit). ÖZE, nr. 1—2, 1982, p. 3—5.

Blassnig, W., Smolak, A. și Tauchmann, H. *Discutarea situației energetice și a dezvoltării uzinelor hidroelectrice, luînd ca exemplu centrala Annabrücke* (Energiesituation und Wasser-

---

*) Rubrică alcătuită de Oficiul de informare documentară ntru energetică (OIDE).

kraftausbau am Beispiel Annabrücke). ÖZE, nr. 1—2, 1982, p. 101—102.

Eilmansberger, F. *Noul plan de ansamblu Traun* (Der „Neue Rahmen-plan Traun"). ÖZE, nr. 3, 1982, p. 132—147.

Neuhauser, J. *Uzina hidroelectrică de la Marchtrenk — execuția și supravegherea lucrărilor* (Traunkraftwerk Marchtrenk — Baudurchführung und Bauüberwachung). ÖZE, nr. 3, 1982, p. 150—156.

Prellinger, M. *Lucrările de montare mecanică și electrică pînă la intrarea în funcțiune a uzinei Marchtrenk pe Traun* (Die maschinellen und elektrischen Montagearbeiten bis zür Inbetriebnahme des Traunkraftwerkes Marchtrenk). ÖZE, nr. 3, 1982, p. 185—187.

Taylor, D. *Raport asupra celei de-a 5-a Conferințe bienale a energiei eoliene* (Report on the 5th US Biennial Wind Energy Conference and Workshop). Modern Power Systems, nr. 1, 1982, p. 19—25.

Hollenstein, M. și Soland, W. *La centrala electrică de la Racine sînt folosite cele mai mari turbine cu bulb din lume* (Racine power station uses world's largest bulb turbines). Modern Power Systems, nr. 1, 1982, p. 29—33.

Andrews, D. C. *Controlul homeostatic poate contribui la dist buirea utilității sarcinii* (Homeostatic control can optimi utility load management). Modern Power Systems, nr. 1982, p. 35—36.

Dahan, G. și Verneau, A. *Energia mecanică obținută pr intermediul căldurii reziduale prin folosirea fluizilor organ conform ciclului Rankine* (Mechanical energy from was heat using organic fluid Rankine cycles). Modern Pow Systems, nr. 1, 1982, p. 45—55.

Neary, R. J. *Proiectul producerii combinate de energie electr și termică aparținînd Los Angelesului* (Los Angeles Coun combined cycle project). Modern Power Systems, nr. 1, 198 p. 56—63.

Cabanes, J. și Malboysson, E. *Cum se abordează proble privind accidentele electrice* (Conduite à tenir vis-à-vis d accidents électriques — enseignement et conseils à donr aux profanes). Bulletin de l'Association Internationale de Sécurité Sociale, nr. 8, 1981, p. 8—9.

Broulhiet, J. *Pentru o sensibilizare internațională a lucrători la riscul electric* (Pour une sensibilisation internationale d travailleurs au risque électrique). Bulletin de l'Associati Internationale de la Sécurité Sociale, nr. 8, 1981, p. 14—1

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 666/94 : 66.012.3

Е. Михаил, А. Илаш, Д. Пушкашу: **Рационализация энергэтических расходов в промышленности цемента**

Изображаются некоторые аспекты промышленности цемента в Румынии по вопросу путей сбережения энергии в этом процессе,подчёркиваясь результаты достигнутые в исследованиях имеющих следующие главные объективы: нахождение технологических решений по вопросу снижения энергетических расходов и по осуществлению минимальных специфических расходов; замена (по крайней мере частичная) топлива высшего качества в процессе производства цемента, путём использования других энергетических ресурсов, более дешёвых; оптимизация цементного производства, имея в виду способ производства а также использованное топливо; снижение расхода реактивной энергии путём установки необходимых способов компенсации (возмещения).

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 299–303

ДК 621.91.09 : 66.012.3

К. Бузату: **Соображения по вопросу возможностей сбережения электроэнергии потребляемой для обработки резанием**

Показан ряд исследований по вопросу влияния каждого параметра режима резания на расход электроэнергии в самых разнообразных условиях работы. Также определяются оптимальные величины этих параметров, ведущих к минимализации расхода электроэнергии, с соблюдением ряда условий характерных для данного процесса обработки. Мероприятия рассмотренные в работе можно просто применить в любом предприятии, обладающем цехами или отделами по обработке резанием.

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 304–308

ДК 621.311 : 621.314.2 : 621.3.018.3

Э. Кокош: **Соображения по вопросу возможности приспособления поглащающих фильтров для подавления гармоник**

В статье описаны некоторые возможности улучшения схем поглащающих фильтров, основанных на серийных резонансных цепях. Предложенные и рассмотренные варианты имеют очевидные выгоды в действенном решении вопроса измерения фильтрирующего тока на гармонике согласия и защиты оборудования. Особенно выгодной при треугольном соединении поглащающих фильтров является схема измерения и защиты, предусмотренная вспомогательной резонансной цепью, снабжённой трансформатором напряжения, сцеплённым с зажимами индуктивности фильтра.

Energetica 30 (1982) №. 7, стр. 308–315

ДК 662.64/66 : 662.61

Т. Попа, Кр. Тотоло, И. Мюллер: **Сжигание бурого угля повышенным содержанием золы без поддержки углеводородов.**

Необходимость сбережения топлива высшего качества путём сжигания углей низкого качества, без поддержки пламени ведёт к использованию схем сжигания, обладающих высшими качественными показателями по сравнению со схемой прямого надувания, использованной во всех электростанциях нашей страны. В статье представлены опыты проведенные на стэнде а также на установке являющейся промышленным пилотом, со схемой сжигания с полупрямым надуванием. Достигнутые результаты рекомендуют использование этой схемы в установках сжигания лигнита теплотворностью приблизительно в 1200 ккал/кг для области нагрузок до технического минимума и в условиях внезапной вариации нагрузки или качества угля.

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 315–322

ДК 621.315.1 : 551.594.221

Д. Кристеску, П. Постолаке: **Возможности снижения размеров венчающих элементов ЛЭП путём улучшения защиты против атмосферных перенапряжений, а также путём плодотворного использования изоляционных расстояний**

Рассматривается безопасность защитного проводника предназначенного для защиты ЛЭП высокого напряжения против прямых ударов грома — для четырёх типа спор ЛЭП 400 кв. Авторы показывают применение метода электрогеометрической модели у этих опор, имея в виду две очень важные элементы: ориентировочное расстояние и радиус притяжения.

Energetica 30 (1982), № 7, стр. 322–327

ДК 621.313.12

Л. Станисавлиевич: **Соображения по вопросу регламентации химического режима воды для парогенераторов**

Работа даёт ряд указаний, теоретически обоснованных для химического режима питательной воды и котла, обеспечивающего формирование и поддержку защитных слоев окисей и тепловой цепи.

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 327–332

ДК 621.311.21.002.2

Д. Скоря: **Предложения по улучшению условий сооружения ГЭС больших водопадов**

Автор предлагает одно решение для способа крепления (подпорки) мостовых кранов в подземных станциях, а также другое решение для типового сечения броневых горизонтальных галлерей. Оба решения являются выгодными в периоде изготовительных работ.

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 332–334

ДК 621.311.21.004.1

Лазэр Николае: **Соображения по вопросу доступа в форсированные галлереи ГЭС**

Предлагаются два решения, показываясь выгоды результирующие в случае их применения для доступа в форсированные галлереи в периоде эксплуатации — или в случае ремонтов — без необходимости остановки работы станции или эвакуации оборудования. Предусмотрены нижеследующие решения: доступ через галлерею сооружённую в удлинении форсированной галлереи или доступ через промежуточную галлерею.

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 334–335

ЭНЕРГЕТИКА В ДРУГИХ СТРАНАХ

ДК 621.311.21 : 537.213(251)

Д. Спиридон: **Китайский гидроэнергетический потенциал**

Energetica 30 (1982), №. 7, стр. 336–337

ИЗОБРЕТЕНИЯ
ХРОНИКА
ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 666/94 : 66.012.3

E. Mihail, A. Ilaş, D. Puşcaşu : **Die Rationalisierung des Energieverbrauchs in der Zementindustrie**

Es werden einige Aspekte der Zementindustrie aus Rumänien aus dem Gesichtspunkt der Energieeinsparungswege in diesem Prozess gezeigt ; es werden die Ergebnisse der Forschungen gezeigt mit den folgenden Hauptschwerpunkten : technologische Lösungen zur Herabsetzung des Energieverbrauchs und das Erzielen von minimalen spezifischen Verbrauchswerten ; die Ersetzung (wenigstens teilweise) der hochwertigen für den Herstellungsprozess des Zementes verbrauchten Brennstoffen, je nach dem Herstellungsprozess un dem verwendeten Brennstoff, die Herabsetzung des Verbrauchs an reaktiver Energie durch den Einbau der notwendigen Ausgleichsmittel.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 299–303

DK 621.91.09 : 66.012.3

C. Buzatu : **Betrachtungen über neue Möglichkeiten zur Einsparung der Elektroenergie verbraucht bei Zerspannungsverarbeitungen**

Es werden eine Reihe von Studien vorgelegt, über den Einfluss jedes Kennwertes des Zerspannungsregimes auf dem Elektroenergieverbrauch unter den verschiedensten Arbeitsbedingungen. Zugleich werden die optimalen Werte dieser Parameter bestimmt, die zur Minimierung des Elektroenergieverbrauchs beitragen, wobei eine Reihe von unumgehenden Bedingungen für den Verarbeitungsprozess eingehalten werden. Die in dem Beitrag als annehmbare Massnahmen vorgeführten Lösungen können einfach in jedwelchem Betrieb, Werkstatt oder Abteilung für Zerspannungsverarbeitungen eingeführt werden.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 304–308

DK 621.311 : 621.314.2 : 621.3.018.3

Em. Cocoş : **Betrachtungen über Möglichkeiten zur Verbesserung der Saugfilter für Oberschwingungen**

Es werden Möglichkeiten zur Verbesserungs der Schaltungen von mit seriengeschalteten Schwingungskreisen gebauten Saugfiltern vorgestellt. Die vorgeführten und analysierten Varianten tragen zur wirksamen Messung des auf der Abgleichharmonik filtrierten Stromes und zum Schutz der Ausrüstungen. Die Mess- und Schutzschaltung mit einem schwingenden Kilfkreislauf gespeist von einem an den Filterinduktanzklemmen gebundenen Trafo ist als besonders vorteilhaft für eine Sternschaltung der Saugfilter zu betrachten.

Energetica 30 (1982), H. 7, S 308–315

DK 662.64/66 : 662.61

T. Popa, Cr. Tololo, I. Müller : **Die Verbrennung der Braunkohle mit hohem Aschegehalt ohne Kohlenwasserstoffe als Brennunterlage**

Die Notwendigkeit der Einsparung von hochwertigen Brennstoffen durch die Verbrennung der minderwertigen, ohne Brennunterlage führt zur Anwendung von Verbrennungsschemen mit qualitativ höheren Kennwerten als jene des Schemas mit Direkteinblasung, die in allen Kraftwerken aus unserem Lande angewandt wird. Der Beitrag beschreibt die auf einem Prüfstand und auf einer industriellen Pilotanlage durchgeführten Versuche mit dem Verbrennungsschema mit halbindirekter Einblasung. Die erhaltenen Ergebnisse empfehlen die Anwendung dieses Schemas in den Brennanlagen für Lignit mit einem Brennwert von ca. 1200 kcal/kg für ein bis zu einem technischen Minimum reichenden Lastgebiet, und bei plötzlichen Last- und Kohlenqualitätschwankungen.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 315–322

DK 621.315.1 : 551.594.221

D. Cristescu, P. Postolache : **Möglichkeiten zur Verringerung der Ausmasse der Leitungskronen durch die Verbesserung des Schutzes gegen atmosphärischen Überspannungen und die wirkungsvolle Ausnutzung des Isolierabstandes**

Es wird die Wirksamkeit der Schutzleiter von Hochspannungsfreileitern gegen direkten Blitzeinschlag für vier Typen von Hochspannungsfreileiter-Mästen für 400 kV analysiert. Die Verfasser zeigen die Anwendung der Methode des elektrogeometrischen Modells für diese Maste indem zwei besonders wichtige Elemente in Betracht genommen werden die Reichweite und die Anziehungsoberfläche.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 322–327

DK 621.313.12

L. Stanisavlievici : **Betrachtungen zu den Bestimmungen über die chemische Fahrweise des Wassers für Dampferzeuger**

Der Bericht enthält eine Reihe von theoretisch begründeten Vorschriften für die chemische Fahrweise des Speise- und Kesselwassers, welche die Bildung und Beibehaltung der Oxidschutzschicht im Wärmekreislauf versichern sollen.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 327–332

DK 621.311.21.002.2

D. Scorţea: **Vorschläge zur Verbesserung der Durchführungsbedingungen der elektrischen Hochdruckkraftwerke**

Der Verfasser hat einen Vorschlag zur Anlehnungsart der Forderbrücken in tiefgelegenen Wasserkraftwerken und ein Lösung für einen typisierten Querschnitt der waagerechten gepanzerten Galerien. Beide Lösungen sind für die Durchführungszeitdauer der Arbeiten vorteilhaft.

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 332–334

621.311.21.004.1

Lazăr Nicolae : **Betrachtungen über den Zutritt in den Zwangsgalerien der Wasserkraftwerke**

Zwei Lösungen werden vorgeführt, sowie die durch ihre Anwendung erzielten Vorteile, für den Zutritt in Zwangsgalerien in Betrieb — um Reparaturen durchzuführen — ohne das Kraftwerk abzustellen oder die Maschinen auszubauen. Zwei Lösungen werden befürwortet : der Zutritt durch ein in der Verlängerung der Zwangsgalerie gebauten Galerie oder der Zutritt durch eine Zwischengalerie.

Energetica 30 (1982), H. 7, S 334–335

DIE ENERGIEWIRTSCHAFT IN ANDEREN LÄNDERN

DK 621.311.21 : 537.213(251)

D. Spiridon : **Das Wasserkraftpotential Chinas**

Energetica 30 (1982), H. 7, S. 336–337

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN
CHRONIK
AUS DEM INHALT ANDERER ZEITSCHRIFTEN

SOMMAIRE

CD 666/94 : 66.012.3

E. Mihail, A. Ilaş, D. Puşcaşu : **Rationalisation des consommations énergétiques dans l'industrie du ciment**

On montre certains aspects qui caractérisent l'industrie du ciment de la Roumanie et visant aux possibilités d'économiser l'énergie utilisée dans ce procès. On met en évidence les résultat s obtenus dans les recherches qui se sont proposées de : trouver les solutions technologiques qui puissent réduire les consommations énergétiques en réalisant des consommations spécifiques minimums ; remplacer (au moins partiellement) les combustibles supérieurs dans le procès de fabrication du ciment en mettant en valeur d'autres sources énergétiques, moins chères ; optimiser la production de ciment ayant en vue la procédé de fabrication et le combustible utilisé ; réduire la consommation d'énergie réactive en installant les moyens nécessaires pour la compensation.

Energetica 30 (198) no. 7, p. 299–303

CD 621.91.09 : 66.012.3

C. Buzatu : **Considérations concernant les possibilités nouvelles d'économiser l'énergie électrique utilisée aux usinages par enlèvement des copeaux**

On présente une série de recherches concernant l'influence de chacun paramètre du régime d'usinage par enlèvement des copeaux sur la consommation d'énergie électrique dans les conditions de travail les plus diverses. On essaye d'établir les valeurs optimales de ces paramètres qui puissent réduire la consommation d'énergie électrique, tout en respectant une série de conditions imposées par le procès d'usinage.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 304–308

CD 621.311 : 621.314.2. :621.3.018.3

Em. Cocoş : **Considérations sur quelques possibilités d'aménagement des filtres absorbants d'harmoniques**

L'article présente quelques possibilités d'amélioration des filtres d'absorption à base de circuits résonants-série. Les variantes analysées montrent d'évidents avantages pour la solution efficace du mesurage du courant filtré sur l'harmonique d'accord, ainsi que pour la protection de l'équipement. On y souligne aussi, comme particulièrement avantageux, le schéma de mesurage et protection avec circuit auxiliaire résonant alimenté par un transformateur de tension connecté aux bornes de l'inductance du filtre.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 308–315

CD 662.64/66 : 662.61

C. Popa, Cr. Tololo, I. Müller : **La combustion du charbon brun à teneur élevée en cendre, sans support de hydrocarbures**

La nécessité d'économiser les combustibles supérieurs par la combustion des charbons inférieurs, sans support de la flamme, conduit à l'utilisation des schémas de combustion ayant des indices qualitatifs supérieurs en comparaison avec l'insufflation directe utilisée dans toutes les centrales électriques de notre pays. L'article présente aussi les expérimentations faites soit sur la plate-forme d'épreuve, soit sur la centrale-pilote industriel d'après le schéma de combustion à insufflation semi-indirecte. Les résultats obtenus recommandent l'utilisation de ce schéma aux installations pour la combustion du lignite et dont la puissance calorique est d'approx. 1200 kcal/kg, pour le domaine de charges jusqu'au minimum technique et dans des conditions de variation brusque de la charge ou de la qualité du charbon.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 315–322

CD 621.315.1 : 551.594.221

D. Cristescu, P. Postolache : **Possibilités de réduire les dimensions des couronnements des lignes électriques par l'amélioration de la protection contre les surtensions atmosphériques et l'utilisation efficace des distances d'isolement**

On analyse le rendement du fil de garde dans la protection LEA haute tension contre les coups directes de foudre, pour quatre types de piliers de LEA 400 kV. Les auteurs présentent l'application de la méthode du modèle électrogéometrique à ces piliers, en tenant compe de deux éléments particulièrement importants : la distance d'orientation et le rayon d'attraction.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 322–327

CD 621.313.12

L. Stanisavlievici : **Considérations sur les réglementations concernant le régime chimique de l'eau pour les générateurs de vapeur**

L'article présente quelques recommandations, fondées sur une base théorique, concernant le régime chimique de l'eau d'alimentation et pour les chaudières. Ce régime peut garantir la formation et le maintien des couches protectrices d'oxydes dans le circuit thermique.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 327–332

CD 621.311.21.002.2

D. Scorţea : **Propositions pour l'amélioration des conditions d'éxécution des centrales hydroélectriques à grande chute d'eau**

L'auteur propose une solution pour le mode d'appui des ponts roulants à l'intérieur des centrales souterraines. On met en évidence aussi une solution pour la section-type des galéries horizontales blindées. Toutes les deux solutions présentent des avantages pour la période d'éxecution des travaux.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 332–334

CD 621.311.21.004.1

N. Lazăr : **Considérations sur l'accès aux galéries foreées des centrales hydroélectriques**

On propose deux solutions, en montrant les avantages qui en résultent, visant l'accès aux galéries forcées dans la période d'exploitation — au cas des réparations — sans être nécessaire l'arrêt du fonctionnement de la centrale ou l'évacuation de l'outilage. Les solutions préconisées sont : l'accès par une galérie forcée réalisée au prolongement de la galérie forcée ou l'accès par une galérie intermédiaire.

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 334–335

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.21 : 537.213(251)

D. Spiridon : **Le potentiel hydroénergétique de la Chine**

Energetica 30 (1982), no. 7, p. 336–337

INVENTIONS-INNOVATIONS

CRONIQUE

LA REVUE DES REVUES

CONTENTS

DC 666/94 : 66.012.3

E. Mihail, A. Ilaş, D. Puşcaşu : **Rationalizing of Energy Consumption in the Cement Industry**

Some aspects of the cement industry in Romania are presented regarding the energy savings within this process, underlining the results obtained within the researches having following main objectives : finding of some technological solutions aimed at decreasing energy consumptions and a achieving minimal specific consumptions ; replacing (at least partially) of superior fuels used in the cement manufacturing process by using some cheaper energy sources ; cement production optimizing considering the manufacturing process and the fuel used ; reactive energy consumption decrease by installing the necessar compensation devices.

Energetica 30 (1982), Nr. 7, p. 299–303

DC 621.91.09 : 66.012.3

C. Buzatu : **Considerations about New Possibilities of Savin the Electric Energy Used by Cutting Machines**

A series of studies about the influence of every cutting regime parameter influence upon the electric energy consumption under the most different working conditions are presented. The optimal values of these parameters leading to the electric energy consumption minimization are determined, observing a series of conditions imposed to the process. The measures proposed in this paper are quite simple to take in any enterprise having cutting shops or departments.

Energetica 30 (1982), Nr. 7, p. 304–308

DC 621.311 : 621.314.2 : 621.3.018.3

Em. Cocoş : **Considerations About the Possibility to Improve Harmonics Absorbant Filters**

Some possibilities to improve absorbtion filters schemes based on resonant series circuits are presented. The variants exposed and analysed present obvious advantages for an efficient measurement of the current filtered on the tuning harmonics and of the equipment protection. The measurement and protection scheme with an auxiliary resonant circuit fed by a voltage transformer connected to the filter inductance clamps is outlined as being highly advantageous for the triangular connection of absorbtion filters.

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 308–315

DC 662.64/66 : 662.61

T. Popa, Cr. Tololo, I. Müller : **Burning of High Ash Content Brown Coals Without Hydrocarbons Burning Support**

The necessity to save high grade fuels by burning low grade coal without burning support leads to the application of burning schemes with superior quality indeces as compared to the scheme with direct blowing used in all other electric power plants from Romania. The article presents the tests performed on stands and an industrial pilot plant with the semiindirect blowing burning scheme. The results obtained recommend the use of these schemes in burning installations for low grade lignite with a calorific power of about 1200 kcal/kg, for a load range up to a technical minimum an under circumstances of a sudden load or coal quality varia tion.

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 315–322

DC 621.315.1 : 551.594.221

D. Cristescu, P. Postolache : **Possibilities to Reduce the Di mensions of Line Heads by Improving the Atmospheric Over voltage Protection and Efficiently Using the Insulation Dis tances**

The efficiency of the protection wire for the OHEL pro tection against direct lightning strokes for four 400 k OHEL poles types is analysed. The authors show the appl cation of the electrogeometric model method on these pole considering two highly important elements : the orientatio distance and the attraction surface.

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 322–327

DC 621.313.12

L. Stanisavlievici : **Considerations Regarding the Regulation About the Chemic Water Regime for Steam Generators**

The paper presents a series of theoretically based regula tions for the chemic regime of the supply and boiler wat which is to ensure the building and maintaining of prote tive oxide layers within the thermal circuit.

Energetica 30, (1982), nr. 7, p. 327–332

DC 621.311.21.002.2

D. Scorţea : **Proposals for Improving Construction Condition for Hydroelectric High Head Power Stations**

The author proposes a solution for the suspension of ove head cranes and a solution for the typified section of ho zontal lined tunnels. Both solutions show certain advant ges for the duration of the works.

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 332–334

DC 621.311.21.004.1

Lazăr Nicolae : **Considerations About the Access to Force Tunnels of Hydropower Plants**

Two solutions are proposed by showing the advantages their application for the access to forced tunnels during th operation period — for repairings — without the need t stop the plant or disassemble the machines. The propose solutions are : an access through a tunnel built as an exte sion to the forced gallery or an access through an interm diary tunnel.

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 334–335

ENERGY IN OTHER COUNTRIES

DC 621.311.21 : 537.213(251)

D. Spiridon : **The Hydropower Potential of China**

Energetica 30 (1982), nr. 7, p. 336–337

INVENTIONS AND INNOVATIONS

CHRONICS

FROM THE SUMMARY OF OTHER REVIEWS

Condiţii pentru prezentarea articolelor la revista „Energetica"

1. Articolul să aibă maximum 12 pagini — excepţional 15 pagini — de 2000 semne (format DIN A4, la 2 rînduri).

2. Textul articolului se dactilografiază pe o singură faţă a hîrtiei ; formulele se scriu clar cu simboluri STAS, se numerotează şi se înscriu între paranteze rotunde ; indicaţiile bibliografice se înscriu între paranteze drepte.

3. Figurile se prezintă în tuş pe calc şi o copie xerox ; figurile foto trebuie să fie clare şi cu contrast pronunţat.

4. În textul articolului se indică locul tabelelor şi figurilor.

5. Bibliografia se prezintă în conformitate cu STAS :

— Pentru cărţi : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul cărţii (la cele străine, titlul în original), editura, oraşul, anul.

— Pentru articole : numele autorului, iniţiala prenumelui, titlul (la cele străine, titlul în original), titlul periodicului, tomul, anul, pagina.

6. Tabelele, borderourile figurilor şi bibliografia se dactilografiază pe foi separate.

7. Titlul şi textul articolului trebuie să fie clare şi concise.

8. Articolul trebuie să fie sistematizat ; este obligatorie folosirea de subtitluri cu defalcări chiar pînă la ordinul al treilea ; pentru numerotare se va folosi sistemul zecimal (cifre arabe).

9. Articolul se prezintă în conformitate cu următoarea schemă principială : *introducere* (problematica, oportunitatea articolului), *analiză bibiografică* (stadiul problemei, preocupări în lume), *teoria* (fizic şi matematic), *practica* (industrială, experimente de laborator), *comparaţia teoriei cu practica, concluzii, utilizarea rezultatelor.*

10. Articolul va fi însoţit de un rezumat de 150 cuvinte într-o limbă străină de circulaţie mondială, la alegerea autorului.

11. Pentru articolele deosebite, redacţia va solicita ulterior autorilor respectivi scurte prezentări de 1000 cuvinte, în vederea publicării lor simultan în limba engleză.

12. Autorii garantează şi răspund de corectitudinea ştiinţifică a articolelor ; redactarea trebuie să respecte regulile stabilite de Academia R.S.R

13. Corecturile se vor face de către autori în conformitate cu regulile tipografice sau se dau indicaţii pe foi separate.

14. Articolele primite la redacţie nu se înapoiază.

15. Materialele se predau în două exemplare.

16. Articolele se trimit numai semnate de autori ; se vor indica titlurile autorilor şi locurile de muncă.

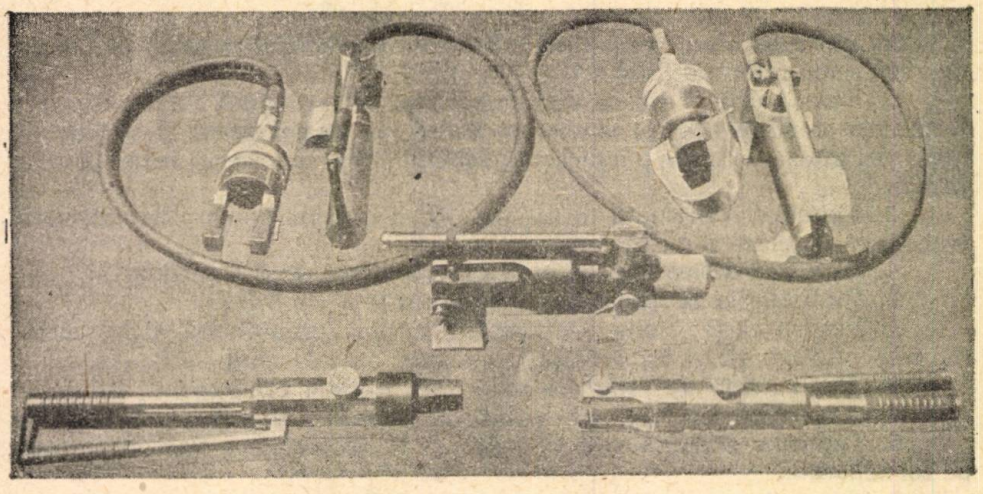
17. Pentru articolele în legătură cu activitatea de serviciu trebuie să se prezinte aprobarea de publicare din partea conducerii unităţilor respective.

18. Articolele se trimit la redacţia revistei ENERGETICA pe următoarea adresă:

Revista Energetica
ICEMENERG
Bd. Energeticienilor nr. 8
74568 Bucureşti, Sector 3

19. Informaţii suplimentare se pot cere la telefon : 20.67.30/int. 235

mee cireIRE SIBIU str.UZINEI nr.5–7



DISPOZITIVE DE PRESAT MUFE SI PAPUCI DIN AL. In cadrul Intreprinderii de reţele electrice - Sibiu se execută dispozitive mecanice şi hidraulice, pentru presat mufe şi papuci. Aceste produse se execută în următoarea gamă de tipuri :

1. DISPOZITIV HIDRAULIC DE PRESARE TIP PH-4/a

Dispozitivul foloseşte la mufarea clemelor cu crestături utilizate la înnădirea conductoarelor electrice aeriene cu secţiunile conductoarelor de la 16 la 95 mm^2.

CARACTERISTICI TEHNICE :

-Forţa aplicată la manivelă	10 daN
-Forţa de strîngere rezultată	4000 daN
-Nr. de curse ale manivelei	35-40
-Greutatea netă	5,257 kg
-Dimensiuni de gabarit	500x120 x 80 mm
-Secţiunile conductoarelor care se mufează	16-95 mm^2

2. DISPOZITIV HIDRAULIC DE PRESARE TIP PH-6 tf

UTILIZARE

Dispozitivul hidraulic de presare PH-6 tf se foloseşte la mufarea papucilor de cablu din instalaţiile electrice şi la mufarea clemelor de înnădire Cu şi întindere (Ct) pentru conductoare torsadate.

CARACTERISTICI TEHNICE

-Forţa aplicată la manivelă	10 daN
-Forţa de strîngere rezultată	6300 daN
-Nr. de curse ale manivelei	30-35
-Greutatea netă	5,64 kg
-Dimensiuni de gabarit	550x100x90 mm
-Secţiunile conductoarelor care se mufează	16-95 mm^2

DATE PENTRU FORMULAREA COMENZII

Dispozitiv hidraulic de presare

Desen nr. PH-6t - 2027-00

3. DISPOZITIV HIDRAULIC DE PRESARE TIP PH-12/a

DESCRIERE

Dispozitivul hidraulic de presare PH-12/a este o presă care se compune dintr-un număr de 56 repere conţinînd 90 de piese dispuse într-o construcţie modernă, folosind materiale indigene. Dispozitivul este echipat cu :

-un set de 5 perechi bacuri pentru clemele de crestături la conductoare cu secţiunile de 95-240 mm^2 Al ;

-un set de 5 perechi bacuri pentru clemele cu crestături la conductoare cu secţiunile de 95-240 mm^2 OL-AL.

UTILIZARE

Dispozitivul hidraulic de presare PH-12/a se foloseşte la mufarea clemelor cu crestături pentru înnădirea conductoarelor de Al şi OL-Al în gama secţiunilor conductoarelor de 95-240 mm^2 la construcţia liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune.

CARACTERISTICI TEHNICE

-Forţa aplicată la manivelă	20 daN
-Forţa de strîngere rezultată	12000 daN
-Nr. de curse ale manivelei	35-40
-Greutatea netă	10,2 kg
-Dimensiuni de gabarit	430x180x100 mm^2
-Secţiunile conductoarelor care se mufează	95x240 mm^2

DATE PENTRU FORMULAREA COMENZII

Dispozitiv hidraulic de presare PH-12/a

Desen nr. PH-12/a - 2031-00

4. DISPOZITIV HIDRAULIC DE PRESARE TIP PH-25t/s

UTILIZARE

Dispozitivul hidraulic de presare PH-25t/s model 1981 se utilizează la presarea mufelor şi papucilor în matriţe închise pe conductoare unifilare şi multifilare din aluminiu, cu secţiuni de 16-240 mm^2 la cablurile de energie de 1-20 kV, precum şi la rotunjirea conductoarelor sector unifilare pentru secţiunile conductoarelor de 50 la 150 mm^2.

CARACTERISTICI TEHNICE

-Forţa aplicată la pedală	max. 50 daN
-Forţa de presare maximă	25000 daN
-Presiune maximă admisă	690 daN/cm^2
-Nr. de pedalări pentru o cursă activă a pistonului	40-45
-Greutatea capului de presare	6,5 kg
-Greutatea netă	14 kg

DATE PENTRU FORMULAREA COMENZII

Presa hidraulică pentru mufat conductoare PH-25t/s

Preţ total informativ : 15000 lei

Matriţele şi poansoanele se livrează şi separat, pe seturi.

5. FOARFECA MANUALA PENTRU TAIAT CONDUCTOARE OL-AL PINA LA S=450 mm^2

DESCRIERE

Foarfeca manuală pentru tăiat conductoare OL-AL pînă la S=450 mm^2 (inclusiv) are două braţe prin a căror închidere se acţionează, cu ajutorul unor articulaţii, un cuţit mobil care trece pe lîngă un cuţit fix realizînd astfel forfecarea.

UTILIZAREA

Se utilizează ca sculă, la tăierea conductoarelor de Al ; OL-Al cu secţiunile conductoarelor pînă la 450 mm^2 (inclusiv) ale liniilor electrice aeriene.

CARACTERISTICI TEHNICE

-Gama secţiunilor conductoarelor OL-Al pe care le taie	16-450 mm^2
-Forţa maximă la braţe	70 daN
-Forţa maximă la cuţitele tăietoare	3270 daN
-Greutatea netă	6,077 kg
-Dimensiuni de gabarit	850x150x50 mm
-Modul de acţionare	manual

DATE PENTRU FORMULAREA COMENZII

Foarfecă manuală pentru tăiat conductoare OL-Al pînă la S=450 mm^2 (inclusiv) - simbol FM-450

6. DISPOZITIV HIDRAULIC DE PRESARE TIP PH-12/s

UTILIZARE

Dispozitivul hidraulic de presare PH-12/s foloseşte la mufarea papucilor şi a manşoanelor de cablu din instalaţiile electrice subterane şi staţii de transformare pentru secţiunile de conductoare de 95-240 mm^2.

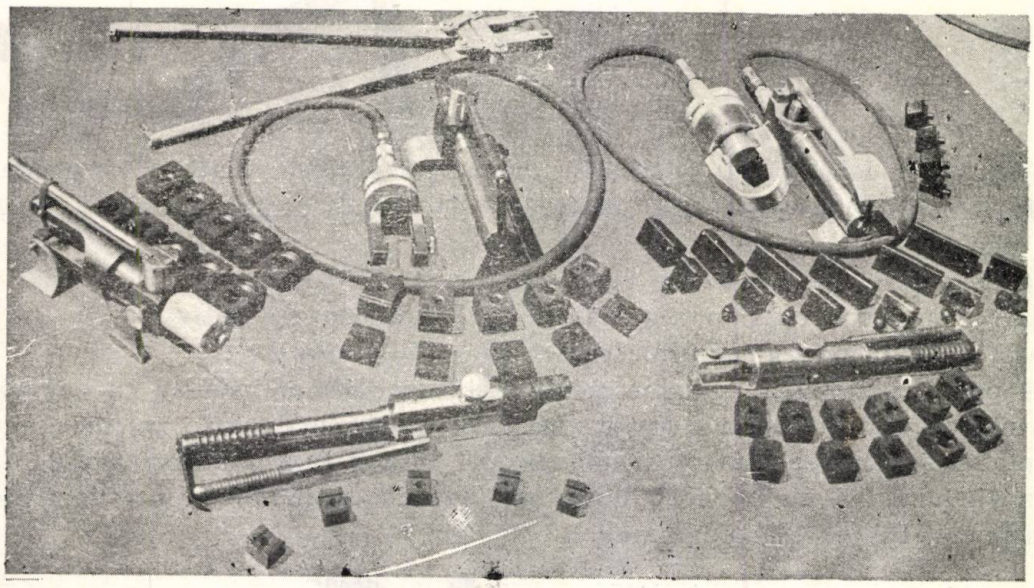
CARACTERISTICI TEHNICE

-Forţa aplicată la manivelă	20 daN
-Forţa de strîngere rezultată	12400 daN
-Forţa de strîngere admisibilă	12000 daN
-Nr. de curse ale manivelei	35-40
-Greutatea netă	16,620 kg
-Dimensiuni de gabarit	90x300 - 420x150x88

DATE PENTRU FORMULAREA COMENZII

Dispozitiv hidraulic de presare PH 12/s

Desen nr. PH-12/s. 2032-00

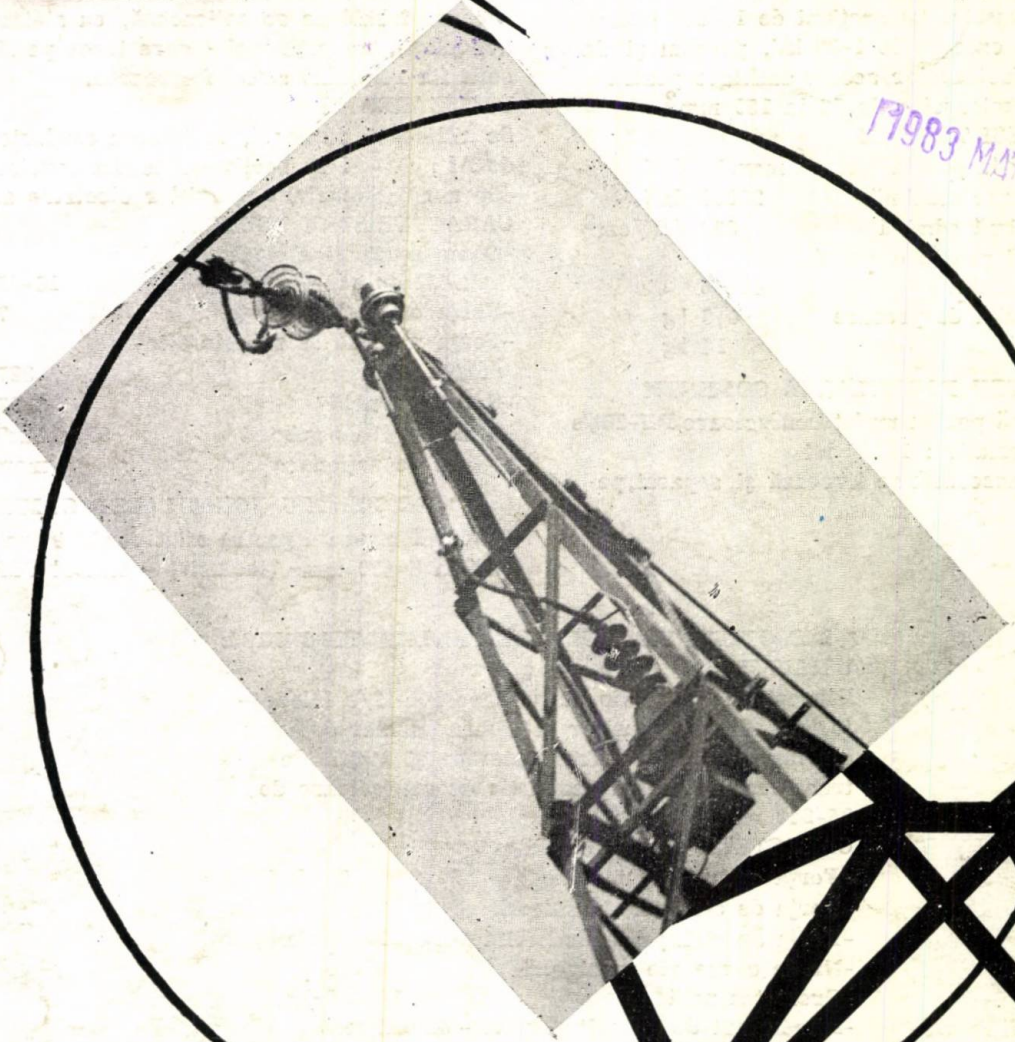


ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

1983 MAR 0 7



ICEMENERG prin laboratorul LRSEC (Laboratorul reţele, staţii şi elemente componente) oferă IRE-urilor instalaţii de balizaj de noapte pentru LEA 110, 220 şi 400 kV şi tehnologie de montaj.

Instalaţia de balizaj de noapte se realizează în două variante :

Varianta A : cu montarea lămpilor direct pe conductoarele active,

Varianta B : cu montarea lămpilor direct pe vîrful stîlpilor.

Instalaţia poate fi montată în orice punct al liniei, alimentîndu-se cu energie, direct de la linia de înaltă tensiune, prin cuplaj capacitiv cu diferite antene.

In varianta A se folosesc lămpi cu descărcări în gaz (neon) de producţie IFTAR, iar în varianta B, se folosesc lămpi cu incandescenţă şi corpuri de balizaj de fabricaţie EL-BA cu transformator.

E 2039

Vichor

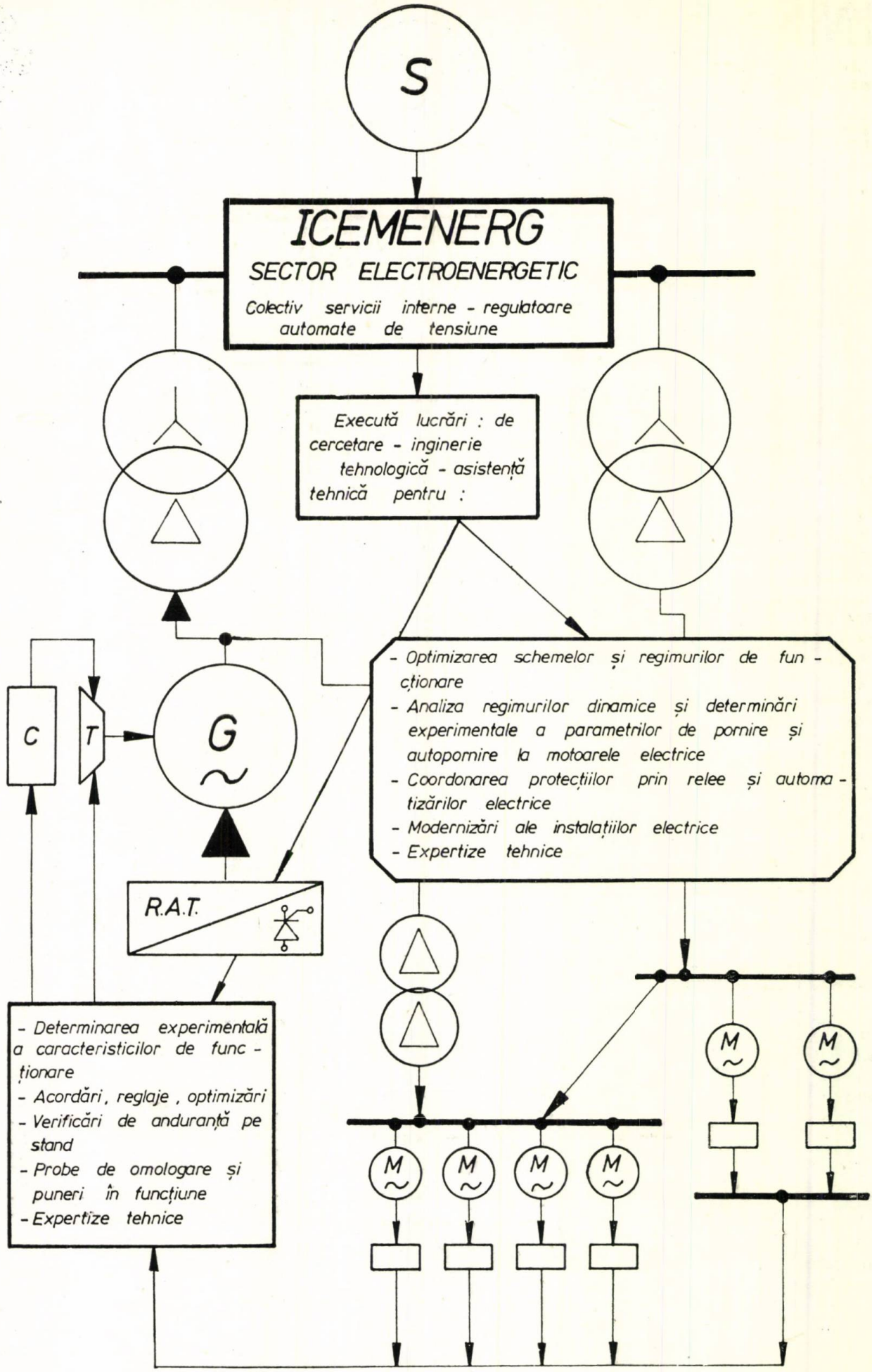
MW

REFERALVA

8

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
AUGUST 1982

energetica


S
ICEMENERG
SECTOR ELECTROENERGETIC
Colectiv servicii interne - regulatoare automate de tensiune
Execută lucrări : de cercetare - inginerie tehnologică - asistență tehnică pentru :
- Optimizarea schemelor și regimurilor de funcționare
- Analiza regimurilor dinamice și determinări experimentale a parametrilor de pornire și autopornire la motoarele electrice
- Coordonarea protecțiilor prin relee și automatizărilor electrice
- Modernizări ale instalațiilor electrice
- Expertize tehnice
C
T
G
R.A.T.
- Determinarea experimentală a caracteristicilor de funcționare
- Acordări, reglaje, optimizări
- Verificări de anduranță pe stand
- Probe de omologare și puneri în funcțiune
- Expertize tehnice
M
M
M
M
M
M

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **8** august 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

Ir. ing. Gh. Bălan (redactor responsabil adjunct)
ng. P. Cartianu
ng. M. M. Dănellă
ng. H. Furtuneseu
ng. N. Georgian
r. ing. Gh. Luca
r. chim. Maria Maftei
r. ing. G. Manolescu
ng. B. Marcu
r. ing. A. Măeriş
ng. I. Măiereanu (redactor responsabil adjunct)
r. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil)
rof. dr. doc. ing. V. I. Nitu
r. ing. E. Pavel
r. ing. T. Popa
r. ing. C. I. Staicu (secretar redacţie)

evista ENERGETICA este publicaţie nară devotată preocupărilor spirituale realizărilor materiale în domeniul ergeticii

dacţia şi administraţia :
ucureşti 74568
l. Energeticienilor 8, Sector 3
lefon: 20.67.30, 21.46.30

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

D. M. Potlog

Bilanţul electric al acţionărilor cu motoare asincrone 351—365

V. Luca, Fl. Andreescu, Iulia Forje, Al. Forje

Posibilitatea utilizării metodei rezonanţei la investigarea transformărilor microstructurale discrete (cu prezentare în limba engleză) 366—374

S. Dedu

Creşterea eficienţei funcţionării hidroagregatelor CHE — Porţile de Fier I 374—382

A. D. Popescu

Impactul informatizării asupra managementului 382—386

ENERGETICA ÎN ALTE ŢĂRI

P. Cartianu

Politica energetică a unei ţări cu intensă folosire a energiei electrice — Norvegia 387—392 392—394

INVENŢII-INOVAŢII

CRONICĂ

Dezbatere : Asigurarea economiei naţionale cu energie şi economisirea energiei în perioada pînă în anul 2010 (2020) 394—396 397

MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 398

DIN SUMARUL REVISTELOR

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim.	**Eleonora Ataman**	dr. ing.	**M. Pomârleanu**
dr. ing	**J. Constantinescu**	dr. ing	**Gh. Popa**
ing.	**Ana Dobre**	ing.	**A. Roşu**
ing.	**Angela Perea**	ing.	**I. Tureu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2381

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/6463/1982

41401

Bilanțul electric al acționărilor cu motoare asincrone

Dr. ing. **D. M. Potlog***)

Bilanțul electric, ca formă de bilanț energetic implu, se elaborează în scopul obținerii de informații necesare determinării cantitative a diferitelor componente care caracterizează energetic regimurile de funcționare a instalațiilor electrice. Ca urmare a analizei datelor de bilanț se stabilesc soluții și măsuri în vederea reducerii consumurilor de energie electrică. Elaborarea bilanțurilor reale se face pe bază de măsurători prin prelucrarea cărora, pe modele matematice, rezultă valorile mărimilor de stare urmărite.

Cele mai răspîndite receptoare electrice sînt motoarele asincrone, ponderea lor ca putere instalată în industrie putîndu-se estima la proximativ 67%, într-o gamă foarte largă de puteri unitare. Modelele matematice de bilanț pentru motoarele asincrone sînt de o mare varietate și de grade de precizie diferite.

Lucrarea de față a avut drept scop elaborarea sistematizarea unor modele de bilanț pentru acționările cu motoare asincrone, ușor de aplicat în condiții de exploatare, astfel ca să servească ca un ghid pentru personalul de specialitate din unitățile industriale.

MAȘINI ASINCRONE

Modelul matematic complet pentru bilanțul electric al motorului asincron în regimuri de funcționare staționare

Dintre schemele echivalente ale mașinii asincrone s-a ales cea prezentată în figura 1, în care semnificațiile notațiilor sînt următoarele;

$\underline{U}_S$ — tensiunea complexă de alimentare, de fază;

$\underline{I}_S$, $\underline{I}'_R$ — curentul complex de fază statoric, respectiv cel rotoric raportat la stator;

$\underline{I}_W$, $\underline{I}_\mu$ — curentul complex corespunzător pierderilor în fier (care se presupun că au loc pe rezistența R_W), respectiv curentul de magnetizare (ambii pentru o fază a mașinii);

R_S, R'_R — rezistența de fază a înfășurării statorice la temperatura de regim, respectiv cea a înfășurării rotorice raportată la stator;

$X_{\sigma S}$, $X'_{\sigma R}$ — reactanța de dispersie pe fază a înfășurării statorice, respectiv cea a înfășurării rotorice raportată la stator;

R_W, X_μ — rezistența (pe o fază) corespunzătoare pierderilor în fier, respectiv reactanța de magnetizare pentru o fază;

s — alunecarea de regim a mașinii definită prin relația:

$$s = \frac{n_S - n}{n_S} \quad \text{cu } n_S \text{ [rot/min]} = \frac{60.f}{p} = \frac{30 \cdot \omega}{\pi \cdot p} \tag{1}$$

n_S — turația de sincronism;

f — frecvența tensiunii de alimentare;

$\omega = 2.\pi.f$ — pulsația tensiunii de alimentare;

n — turația de regim a mașinii;

p — numărul de perechi de poli.

Scriind ecuațiile corespunzătoare schemei echivalente alese (fig. 1), se obține:

$$\left.\begin{aligned} \underline{U}_S &= \underline{I}_W \cdot R_W = \underline{Z}_{\sigma S} \cdot \underline{I}_S + \mathrm{j} \cdot X_\mu \cdot \underline{I}_\mu \\ 0 &= \mathrm{j} \cdot X_\mu \cdot \underline{I}_\mu + \underline{Z}'_{\sigma R} \cdot \underline{I}'_R \\ \underline{I}_\mu &= \underline{I}_S + \underline{I}'_R\,; \quad \underline{I} = \underline{I}_S + \underline{I}_W, \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

în care s-au notat:

$$\underline{Z}_{\sigma S} = R_S + \mathrm{j} \cdot X_{\sigma S}\,; \quad \underline{Z}'_{\sigma R} = \frac{R'_R}{s} + \mathrm{j} \cdot X'_{\sigma R} \tag{3}$$

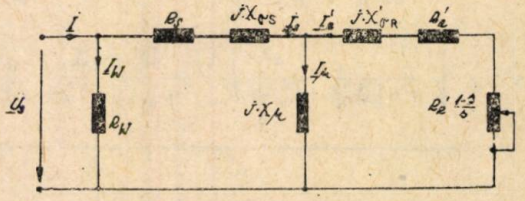


Fig. 1. Schema echivalentă monofazată a motorului asincron.

Introducînd notațiile:

$$\left.\begin{aligned} X_S &= X_{\sigma S} + X_\mu\,; \quad X'_R = X'_{\sigma R} + X_\mu \\ \underline{Z}_S &= R_S + \mathrm{j} \cdot X_S\,; \quad \underline{Z}'_R = \frac{R'_R}{s} + \mathrm{j} \cdot X'_R \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

sistemul (2) devine:

$$\left.\begin{aligned} \underline{U}_S &= \underline{I}_W \cdot R_W = \underline{Z}_S \cdot \underline{I}_S + \mathrm{j} \cdot X_\mu \cdot \underline{I}'_R \\ 0 &= \mathrm{j} \cdot X_\mu \cdot \underline{I}_S + \underline{Z}'_R \cdot \underline{I}'_R \\ \underline{I}_\mu &= \underline{I}_S + \underline{I}'_R\,; \quad \underline{I} = \underline{I}_S + \underline{I}_W \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

*) Dr. ing. Dorin Marcel Potlog este cercetător științific ncipal la ICEMENERG.

Rezolvînd sistemul (5) în raport cu curenții, rezultă:

$$\left.\begin{aligned}
\underline{I}_S &= \underline{U}_S \cdot \frac{\underline{Z}'_R}{\underline{Z}_S \cdot \underline{Z}'_R + X_\mu^2} = \frac{\underline{U}_S}{\underline{Z}_{ab}} = I_{Sd} + \mathrm{j} \cdot I_{Sq} \\
\underline{I}'_R &= -\underline{U}_S \cdot \frac{\mathrm{j} \cdot X_\mu}{\underline{Z}_S \cdot \underline{Z}'_R + X_\mu^2} = -\mathrm{j} \cdot \frac{X_\mu}{\underline{Z}'_R} \cdot \underline{I}_S = I'_{Rd} + \mathrm{j} \cdot I'_{Rq} \\
\underline{I}_\mu &= \underline{U}_S \cdot \frac{\underline{Z}'_R - \mathrm{j} \cdot X_\mu}{\underline{Z}_S \cdot \underline{Z}'_R + X_\mu^2} = \frac{\underline{Z}'_{\sigma R}}{\underline{Z}'_R} \cdot \underline{I}_S = I_{\mu p} + \mathrm{j} \cdot I_{\mu q} \\
\underline{I}_W &= \frac{\underline{U}_S}{R_W} = \frac{\underline{Z}_{ab}}{R_W} \cdot \underline{I}_S \\
\underline{I} &= \frac{\underline{U}_S}{\underline{Z}} = \left(1 + \frac{\underline{Z}_{ab}}{R_W}\right) \cdot \underline{I}_S = I_d + \mathrm{j} \cdot \underline{I}_q,
\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

în care $\underline{Z}_{ab} = R_{ab} + \mathrm{j} \cdot X_{ab}$ reprezintă impedanța echivalentă a porțiunii de schemă în paralel cu rezistența R_W și are componentele

$$R_{ab} = R_S + \frac{R'_R}{s} \cdot \frac{X_\mu^2}{\frac{R'^2_R}{s^2} + X'^2_R};$$

$$X_{ab} = X_S - X'_R \cdot \frac{X_\mu^2}{\frac{R'^2_R}{s^2} + X'^2_R}, \quad (7$$

iar $\underline{Z} = R + \mathrm{j} \cdot X$ este impedanța de regim mașinii, avînd componentele:

$$R = R_W \cdot \frac{R_{ab}(R_W + R_{ab}) + X_{ab}^2}{(R_W + R_{ab})^2 + X_{ab}^2};$$

$$X = R_W \cdot \frac{X_{ab} \cdot R_W}{(R_W + R_{ab})^2 + X_{ab}^2} \quad (8$$

Ținînd seamă de relațiile (7), se obține

$$\left.\begin{aligned}
R &= R_W \cdot \frac{s^2[X'^2_R \cdot R_s \cdot (R_s + R_W) + (X_S X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot R'_R \cdot (2R_S + R_W) \cdot X_\mu^2 + [R_S \cdot (R_S + R_W) + X_S^2] \cdot R'^2_R}{s^2 \cdot [X'^2_R \cdot (R_S + R_W)^2 + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot (R_S + R_W) \cdot X_\mu^2 + [(R_S + R_W)^2 + X_S^2] \cdot R'^2_R} \\
X &= R_W \cdot \frac{R_W \cdot [s^2 \cdot X'_R \cdot (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2) + R'^2_R \cdot X_S]}{s \cdot [X'^2_R \cdot (R_S + R_W)^2 + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot (R_S + R_W) \cdot X_\mu^2 + [(R_S + R_W)^2 + X_S^2] \cdot R'^2_R}
\end{aligned}\right\} \quad (9$$

$$Z = R_W \cdot \sqrt{\frac{s^2 \cdot [X'^2_R \cdot R_S^2 + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R}{s^2 \cdot [X'^2_R \cdot (R_S + R_W)^2 + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot (R_S + R_W) \cdot X_\mu^2 + [(R_S + R_W)^2 + X_S^2] \cdot R'^2_R}} \quad (1$$

Cu aceste considerente, valorile efective ale curenților devin:

$$\left.\begin{aligned}
I_S &= U_S \cdot \sqrt{\frac{R'^2_R + s^2 \cdot X'^2_R}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R}} \\
I'_R &= U_S \cdot \frac{s \cdot X_\mu}{\sqrt{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R}} \\
I_\mu &= U_S \cdot \sqrt{\frac{R'^2_R + s^2 \cdot (X'_R - X_\mu)^2}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R}} \\
I_W &= \frac{U_S}{R_W} \\
I &= \frac{U_S}{R_W} \cdot \sqrt{\frac{s^2 \cdot [(R_S + R_W)^2 \cdot X'^2_R + (X_S X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot R'_R \cdot (R_S + R_W) \cdot X_\mu^2 + [(R_S + R_W)^2 + X_S^2] \cdot R'^2_R}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R}}
\end{aligned}\right\} \quad (1$$

Înmulțind pe R, respectiv pe X cu $3 \cdot I^2$ și considerînd relațiile dintre $\underline{I}$ și ceilalți curenți din schemă, se obțin:

— *Puterea activă absorbită de la rețea*:

$$P_A = 3 \cdot R_W \cdot I_W^2 + 3 \cdot R_S \cdot I_S^2 + 3 \cdot R'_R \cdot I'^2_R + \\ + 3 \cdot R'_R \cdot I'^2_R \cdot \frac{1-s}{s} \qquad (12)$$

Relația (12) constituie ecuația de conservare a puterilor active, deoarece:

$3 \cdot R_W \cdot I_W^2$ reprezintă pierderile în fier din miezul statoric (P_{FeS}) și cele din miezul rotoric (P_{FeR});

$3 \cdot R_S \cdot I_S^2$, $3 \cdot R'_R \cdot I'^2_R$ — pierderile Joule în înfășurarea statorică (P_S), respectiv în cea rotorică (P_R);

$3 \cdot R'_R \cdot I'^2_R \cdot \frac{1-s}{s}$ — puterea electromagnetică (P_{em}), care acoperă pierderile mecanice (P_m) și puterea la arbore (P_a).

— *Puterea reactivă absorbită de la rețea*:

$$Q_A = 3 \cdot X_{\sigma S} \cdot I_S^2 + 3 \cdot X'_{\sigma R} \cdot I'^2_R + 3 \cdot X_\mu \cdot I_\mu^2 \qquad (14)$$

Relația (14) constituie ecuația de conservare a puterilor reactive, deoarece:

$3 \cdot X_{\sigma S} \cdot I_S^2$, $3 \cdot X'_{\sigma R} \cdot I'^2_R$ reprezintă puterea reactivă absorbită, necesară acoperirii dispersiei statorice ($Q_{\sigma S}$), respectiv celei rotorice ($Q_{\sigma R}$);

$3 \cdot X_\mu \cdot I_\mu^2$ — puterea reactivă necesară magnetizării mașinii (Q_μ).

Astfel, ecuația (14) devine:

$$Q_A = Q_{\sigma S} + Q_{\sigma R} + Q_\mu \qquad (15)$$

— *Randamentul și factorul de putere de regim*:

$$\eta = \frac{P_a}{P_A}; \quad \cos\varphi = \frac{P_A}{\sqrt{P_A^2 + Q_A^2}} \qquad (16)$$

2. Determinarea componentelor active și reactive ale puterii

Prin componentele puterilor motorului asincron se înțeleg puterile active și reactive care intră în ecuațiile de conservare, precum și randamentul și factorul de putere.

Folosind relațiile anterioare, rezultă următoarele expresii pentru puterile active:

— pierderile Joule în stator:

$$P_S = 3 \cdot R_S \cdot \frac{U_S^2 \cdot (R'^2_R + s^2 \cdot X'^2_R)}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R} \qquad (17)$$

— pierderile Joule în rotor:

$$P_R = 3 \cdot R'_R \cdot \frac{U_S^2 \cdot s^2 \cdot X_\mu^2}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R} \qquad (18)$$

— pierderile în fier:

$$P_{Fe} = 3 \cdot \frac{U_S^2}{R_W} \qquad (19)$$

— puterea electromagnetică:

$$P_{em} = 3 \cdot R'_R \cdot \frac{U_S^2 \cdot s \cdot (1-s) \cdot X_\mu^2}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X'^2_R + (X_S \cdot X'_R - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R'_R \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R'^2_R} \qquad (20)$$

În consecință, ecuația (12) se poate scrie:

$P_A = P_S + P_{FeS} + P_{FeR} + P_R + P_m + P_a$, (13)

căreia îi corespunde diagrama din figura 2.

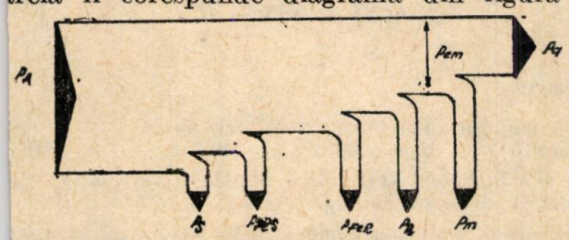


Fig. 2. Diagrama de bilanț a puterilor active pentru motorul asincron.

— pierderile mecanice: Pentru separarea pierderilor mecanice se calculează puterea electromagnetică în regim nominal (P_{emn}), conform relației de mai sus (în care se ia $s = s_n$), și apoi rezultă:

$$P_m = P_{emn} - P_{an}, \qquad (21)$$

unde $P_{an} \cong P_n$ este puterea nominală a motorului;

— puterea la arbore:

$$P_a = P_{em} - P_m \qquad (22)$$

Analog se obţin expresiile componentelor reactive ale puterii:

— puterea reactivă care acoperă dispersia statorică:

$$Q_{\sigma S} = 3 \cdot (X_S - X_\mu) \cdot \frac{U_S^2 \cdot (R_R'^2 + s^2 \cdot X_R'^2)}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X_R'^2 + (X_S \cdot X_R' - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R_R' \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R_R'^2} \quad (23)$$

— puterea reactivă care acoperă dispersia rotorică:

$$Q_{\sigma R} = 3 \cdot (X_R' - X_\mu) \cdot \frac{U_S^2 \cdot s^2 \cdot X_\mu^2}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X_R'^2 + (X_S X_R' - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R_R' \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R_R'^2} \quad (24)$$

— puterea reactivă necesară magnetizării maşinii:

$$Q_\mu = 3 \cdot X_\mu \cdot \frac{U_S^2 \cdot [R_R'^2 + s^2 \cdot (X_R' - X_\mu)^2]}{s^2 \cdot [R_S^2 \cdot X_R'^2 + (X_S \cdot X_R' - X_\mu^2)^2] + s \cdot 2R_R' \cdot R_S \cdot X_\mu^2 + (R_S^2 + X_S^2) \cdot R_R'^2} \quad (25)$$

Apoi cu relaţiile (13), (14) şi (16) se determină puterea activă şi cea reactivă absorbite de la reţea, respectiv randamentul şi factorul de putere pentru regimul considerat.

După cum se constată din analiza relaţiilor de mai sus, pentru funcţionarea la o tensiune de alimentare U_S de o frecvenţă f, componentele sînt determinate de expresii care conţin constante (parametrii motorului) şi o variabilă — alunecarea. În condiţiile menţionate, valoarea alunecării de regim depinde numai de gradul de încărcare a motorului. În literatură, prin grad de încărcare se înţelege raportul dintre puterea dezvoltată la arbore în regimul considerat şi puterea nominală ($\beta_m = P_a/P_n$).

Deoarece determinarea experimentală în condiţii de exploatare a puterii la arbore ridică o serie de dificultăţi, se propune utilizarea unuia dintre cei doi indici noi, şi anume:

— *gradul de încărcare cu putere activă*, definit prin raportul dintre puterea activă absorbită în regimul studiat şi cea din regimul nominal:

$$\beta_P = \frac{P_A}{P_{An}} = \frac{3U_S \cdot I \cdot \cos\varphi}{3 \cdot U_{Sn} \cdot I_n \cdot \cos\varphi_n} \quad (26)$$

— *gradul de încărcare cu curent*, definit prin raportul dintre curentul de regim şi cel nominal:

$$\beta_I = \frac{I}{I_n} \quad (27)$$

Deoarece măsurarea mărimilor I şi P_A este realizabilă practic uşor, folosirea acestor indicatori are un avantaj evident.

Pentru un regim oarecare de încărcare, caracterizat prin curentul I sau prin puterea activă P_A, valoarea alunecării se obţine cu relaţia

$$s = \frac{2 \cdot R_R'}{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot c}} \quad (28)$$

în care, dacă se cunoaşte curentul (I) şi factorul de putere ($\cos\varphi$), se iau:

$$\left.\begin{aligned} b &= -\frac{2 \cdot R_S \cdot X_\mu^2}{Z_{ab}^2 - (R_S^2 + X_S^2)} \\ c &= \frac{X_R'^2 \cdot Z_{ab}^2 - R_S^2 X_R'^2 - (X_S \cdot X_R' - X_\mu^2)^2}{Z_{ab}^2 - (R_S^2 + X_S^2)} \\ Z_{ab}^2 &= \frac{U_S^2}{\left(I \cdot \cos\varphi - \frac{U_S}{R_W}\right)^2 + I^2 \cdot (1 - \cos^2\varphi)} \end{aligned}\right\} \quad (29)$$

sau, dacă se cunoaşte puterea activă absorbită (P_A), cu aceeaşi relaţie (28), în care, de această dată, se iau:

$$\left.\begin{aligned} K &= \frac{P_A - 3 \cdot \frac{U_S^2}{R_W}}{3 \cdot U_S^2}; \quad b = \frac{X_\mu^2 \cdot (2 \cdot K \cdot R_S - 1)}{K \cdot (R_S^2 + X_S^2) - R_S} \\ c &= \frac{K \cdot [R_S^2 \cdot X_R'^2 + (X_S \cdot X_R' - X_\mu^2)^2] - R_S \cdot X_R'^2}{K \cdot (R_S^2 + X_S^2) - R_S} \end{aligned}\right\} \quad (30)$$

Exemplu

Fie motorul asincron cu următoarele date:
$P_n = 315$ kW; $U_n = 6000$ V; $I_n = 40{,}3$ A; $\cos\varphi_n = 0{,}8$; $\eta_n = 0{,}917$; $R_S = 1{,}72\ \Omega$; $X_S = 202\ \Omega$; $R_R' = 1{,}62\ \Omega$; $X_R' = 211\ \Omega$; $X_\mu = 197\ \Omega$; $R_W = 6250\ \Omega$; $p = 3$.

Se cere determinarea componentelor puterii active şi reactive pentru regimul nominal şi pentru un regim de încărcare caracterizat prin $\beta_P = 0{,}7$.

— *calculul pentru regimul nominal*

$$U_{Sn} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = 3464 \text{ V};$$

$$P_{An} = 3.3464 \cdot 40{,}3 \cdot 0{,}82 \cdot 10^{-3} = 343{,}4 \text{ kW}$$

$$K = \frac{343{,}4 \cdot 10^3 - 3 \cdot \frac{3\,464^2}{6\,250}}{3 \cdot 3464^2} = 0{,}00938$$

$$b = \frac{197^2 \cdot (2 \cdot 0{,}00938 \cdot 1{,}72 - 1)}{0{,}00938 \cdot (1{,}72^2 + 202^2) - 1{,}72} = -98{,}56$$

$$c = \frac{0{,}00938 \cdot [(1{,}72 \cdot 211)^2 + (202 \cdot 211 - 197^2)^2] - 1{,}72 \cdot 211^2}{0{,}00938 \cdot (1{,}72^2 + 202^2) - 1{,}72} =$$

$$= 160{,}2$$

$$S_n = \frac{2 \cdot 1{,}62}{98{,}56 + \sqrt{98{,}56^2 - 4 \cdot 160{,}2}} = 0{,}0167$$

$$P_{Sn} = 3 \cdot 1{,}72 \cdot \frac{3464^2 \cdot (1{,}62^2 + 0{,}0167^2 \cdot 211^2) \cdot 10^{-3}}{0{,}0167^2 \cdot [(1{,}72 \cdot 211)^2 + (202 \cdot 211 - 197^2)^2] + 0{,}0167 \cdot 2 \cdot 1{,}72 \cdot 1{,}62 \cdot 197^2 \cdot 1{,}62^2 (1{,}72^2 + 202^2)} = 8{,}12 \text{ kW}$$

$$P_{Rn} = \frac{1{,}62}{1{,}72} \cdot \frac{(0{,}0167 \cdot 197)^2}{1{,}62^2 + (0{,}0167 \cdot 211)^2} \cdot 8{,}12 = 5{,}5 \text{ kW}$$

$$P_{Fe} = 3 \cdot \frac{3464^2}{6250} \cdot 10^{-3} = 5{,}76 \text{ kW}$$

$$P_{emn} = \frac{1 - 0{,}0167}{0{,}0167} = 323{,}8 \text{ kW};$$

$$P_m = 323{,}8 - 315 = 8{,}84 \text{ kW}$$

$$P_{An} = 8{,}12 + 5{,}5 + 5{,}76 + 323{,}8 = 343{,}2 \text{ kW};$$

$$\eta_n = \frac{315}{343{,}2} = 0{,}918$$

$$Q_{\sigma Sn} = \frac{202 - 197}{1{,}72} \cdot 8{,}12 = 23{,}6 \text{ kVAr};$$

$$Q_{\sigma Rn} = \frac{211 - 197}{1{,}62} \cdot 5{,}5 = 47{,}5 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\mu n} = \frac{197}{202 - 197} \cdot \frac{1{,}62^2 + 0{,}0167^2 \cdot (211 - 197)^2}{1{,}62^2 + 0{,}0167^2 \cdot 211^2} \cdot 23{,}6 =$$

$$= 165{,}6 \text{ kVAr}$$

$$Q_{An} = 23{,}6 + 47{,}5 + 165{,}6 = 236{,}7 \text{ kVAr}$$

$$\cos \varphi_n = \frac{343{,}2}{\sqrt{343{,}2^2 + 236{,}7^2}} = 0{,}823;$$

$$I_n = \frac{\sqrt{343{,}2^2 + 236{,}7^2}}{3 \cdot 3{,}464} = 40{,}1 \text{ A}$$

— *calculul pentru regimul cu* $\beta_P = 0{,}7$

$$P_A = 0{,}7 \cdot 343{,}4 = 240{,}2 \text{ kW};$$

$$K = \frac{240{,}2 \cdot 10^3 - 3 \cdot \frac{3464^2}{6250}}{3 \cdot 3464^2} = 0{,}00651$$

$$b = \frac{197^2 \cdot (2 \cdot 0{,}00651 \cdot 1{,}72 - 1)}{0{,}00651 \cdot (1{,}72^2 + 202^2) - 1{,}72} = -143{,}75$$

$$c = \frac{0{,}00651 \cdot [(1{,}72 \cdot 211)^2 + (202 \cdot 211 - 197^2)^2] - 1{,}72 \cdot 211^2}{0{,}00651 \cdot (1{,}72^2 + 202^2) - 1{,}72} =$$

$$= 71{,}73$$

$$s = \frac{2 \cdot 1{,}62}{143{,}75 + \sqrt{143{,}75^2 - 4 \cdot 71{,}73}} = 0{,}0113$$

$$P_S = 3 \cdot 1{,}72 \cdot \frac{3464^2 \cdot (1{,}62^2 + 0{,}0113^2 \cdot 211^2) \cdot 10^{-3}}{0{,}0113^2 \cdot [(1{,}72 \cdot 211)^2 + (202.211 - 197^2)^2] + 0{,}0113 \cdot 2 \cdot 1{,}72 \cdot 1{,}62 \cdot 197^2 + 1{,}62^2 \cdot (1{,}72^2 + 202^2)} = 4{,}62 \text{ kW}$$

$$P_R = \frac{1{,}62}{1{,}72} \cdot \frac{(0{,}0113 \cdot 197)^2}{1{,}62^2 + 0{,}0113^2 \cdot 211^2} \cdot 4{,}62 = 2{,}59 \text{ kW}$$

$$P_{em} = \frac{1 - 0{,}0113}{0{,}0113} \cdot 2{,}59 = 226{,}6 \text{ kW};$$

$$P_a = 226{,}6 - 8{,}84 = 217{,}8 \text{ kW}$$

$$P_A = 4{,}62 + 2{,}59 + 5{,}76 + 226{,}6 = 239{,}57 \text{ kW}$$

$$Q_{\sigma S} = \frac{202 - 197}{1{,}72} \cdot 4{,}62 = 13{,}43 \text{ kVAr};$$

$$Q_{\sigma R} = \frac{211 - 197}{1{,}62} \cdot 2{,}59 = 22{,}38 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\mu} = \frac{197}{202 - 197} \cdot \frac{1{,}62^2 + 0{,}0113^2 \cdot (211 - 197)^2}{1{,}62^2 + 0{,}0113^2 \cdot 211^2} \cdot 13{,}43 =$$

$$= 167{,}13 \text{ kVAr}$$

$$Q_A = 13{,}43 + 22{,}38 + 167{,}13 = 202{,}94 \text{ kVAr}$$

$$\eta = \frac{217{,}8}{239{,}57} = 0{,}909; \quad \cos \varphi = \frac{239{,}57}{\sqrt{239{,}57^2 + 202{,}94^2}} = 0{,}763$$

$$I = \frac{\sqrt{239{,}57^2 + 202{,}94^2}}{3.3464 \cdot 10^{-3}} = 30{,}2 \text{ A}$$

Program de calcul

Urmărind metoda prezentată s-a elaborat un program de calcul, denumit convenţional BEMAS (de la Bilanţ Electric al Motorului ASincron-anexa 1).

Datele de intrare ale programului, în ordinea scrierii lor în cartelele de date şi cu notaţiile din program, sînt următoarele: *PN* (puterea nominală, în kW); *UN* (tensiunea nominală între faze, în V); *IN* (curentul nominal, în A); *CFIN* (factorul de putere nominal); *ETAN* (randamentul nominal); *P* (numărul de perechi de poli); *RS*, *XS* (rezistenţa, respectiv reactanţa statorică, în ohm); *RRP*, *XRP* (rezistenţa, respectiv reactanţa rotorică, raportate la stator, în ohm); *XM*, *RW* (reactanţa de magnetizare, respectiv rezistenţa corespunzătoare pierderilor în fier, în ohm).

Programul are două părţi. În prima parte se calculează componentele puterii pentru regimul nominal şi se afişează mărimile: datele de intrare menţionate mai sus, puterile active în valori absolute (*PSN*, *PRN* — pierderile Joule în stator, respectiv în rotor; *PFE*, *PM* — pierderile în fier, respectiv pierderile mecanice; *PAN*, *P* — puterea nominală la arbore, respectiv puterea absorbită de la reţea), puterile active în valori relative (aceleaşi componente ca mai sus, dar raportate la puterea nominală), puterile reactive în valori absolute (*QSN*, *QRN* — puterea necesară acoperirii dispersiei statorice, respectiv celei rotorice; *QMN*, *QAN* — puterea necesară magnetizării, respectiv puterea absorbită de la reţea), puterile reactive în valori relative (aceleaşi componente, raportate la puterea nominală), alunecarea, cuplul electromagnetic, factorul de putere şi randamentul.

În cea de-a doua parte se calculează şi se afişează sub formă de tabel, pentru diferite grade de încărcare *PA/PAN* (în domeniul 0,2—1,4, cu pas de 0,1), mărimile: *I/IN* (curentul de regim raportat la curentul nominal), *s* (alunecarea de regim), *PS/PN*, *PR/PN* (pierderile Joule în stator, respectiv în rotor, raportate la puterea nominală), *PU/PN* (puterea la arbore raportată la cea nominală), randamentul, factorul de putere şi cuplul electromagnetic raportat la cuplul nominal.

Textul programului se prezintă în anexa 1.

3. Modelul matematic de bilanţ al motorului asincron pentru regimuri tranzitorii

Pentru studiul comportării maşinii în regimuri tranzitorii s-a elaborat modelul matematic format din următoarele ecuaţii:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\underline{E}_S}{d\tau} &= \underline{U}_S - (a_3 + j)\cdot\underline{E}_S + b_3\cdot\underline{E}'_R \\ \frac{d\underline{E}'_R}{d\tau} &= a_4\cdot\underline{E}_S - (b_4 + j\cdot s)\cdot\underline{E}'_R \\ \frac{ds}{d\tau} &= \frac{1}{\tau_m}\cdot\left[c_R - k\cdot Im(\underline{E}^*_S\cdot\underline{E}'_R)\right] \end{aligned}\right\} \quad (31)$$

$$\left.\begin{aligned} \underline{I}_S &= a_1\cdot\underline{E}_S - a_2\cdot\underline{E}'_R\ ;\ \underline{I}'_R = -b_1\cdot\underline{E}_S + b_2\cdot\underline{E}'_R \\ \underline{I}_\mu &= \underline{I}_S + \underline{I}'_R\ ;\ \underline{I}_W = \underline{U}_S/R_W\ ;\ \underline{I} = \underline{I}_S + \underline{I}_W \end{aligned}\right\} \quad (32)$$

în care s-au notat:

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= \frac{X'_R}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu}\ ;\ a_2 = \frac{X_\mu}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu} \\ a_3 &= \frac{R_S\cdot X'_R}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu}\ ;\ a_4 = \frac{R'_R\cdot X_\mu}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu} \\ b_1 &= \frac{X_\mu}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu}\ ;\ b_2 = \frac{X_S}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu} \\ b_3 &= \frac{R_S\cdot X_\mu}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu}\ ;\ b_4 = \frac{R'_R\cdot X_S}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu} \end{aligned}\right\} \quad (33)$$

$$k = \frac{3\cdot p}{\omega\cdot C_n}\cdot\frac{X_\mu}{X_S\cdot X'_R - X^2_\mu}\ ;\ \tau_m = \frac{J}{p\cdot C_n}$$

$$c_R = C_R/C_n\ ;\ \tau = \omega\cdot t \quad (34)$$

Notaţiile nou introduse au următoarel semnificaţii:

$\underline{E}_S, \underline{E}'_R$ — tensiunea indusă într-o fază a în făşurării statorice, respectiv în tr-una a înfăşurării rotorice, ra portată la stator;

C_R, C_n — cuplul rezistent opus de maşin de lucru, respectiv cuplul ele tromagnetic nominal al motorului

J, t — momentul de inerţie al ansambluli motor-maşină de lucru, raport la arborele motorului, respecti timpul.

Scrise în real, ecuaţiile modelului devin:

$$\frac{dE_{Sd}}{d\tau} = U_{Sd} - a_3\cdot E_{Sd} + E_{Sq} + b_3\cdot E'_{Rd}$$

$$\frac{dE_{Sq}}{d\tau} = U_{Sq} - E_{Sq} - a_3\cdot E_{Sq} + b_3\cdot E'_{Rq}$$

$$\frac{dE'_{Rq}}{d\tau} = a_4\cdot E_{Sd} - b_4\cdot E'_{Rd} + s\cdot E'_{Rq}$$

$$\frac{dE'_{Rq}}{d\tau} = a_4\cdot E_{Sq} - s\cdot E'_{Rd} - b_4\cdot E'_{Rq}$$

$$\frac{ds}{d\tau} = \frac{1}{\tau m}\left[c_R - \frac{3\cdot p\cdot a_2}{\omega\cdot C_n}\cdot(E_{Sq}\cdot E'_{Rd} - E_{Sd}\cdot E'_{Rq})\right] \quad (3$$

$$
\left.
\begin{aligned}
&I_{Sd}=a_1\cdot E_{Sd}-a_2\cdot E'_{Rd}\,;\; I_{Sq}=a_1\cdot E_{Sq}-a_2\cdot E'_{Rd}\\
&I'_{Rd}=b_2\cdot E'_{Rd}-b_1\cdot E_{Sd}\,;\; I'_{Rq}=b_2\cdot E'_{Rq}-b_1\cdot E_{Sq}\\
&I_{\mu d}=I_{Sd}+I'_{Rd}\quad ;\; I_{\mu q}=I_{Sq}+I'_{Rq}\\
&I_{Wd}=U_{Sd}/R_W\quad ;\; I_{Wq}=U_{Sq}/R_W\\
&I_d=I_{Sd}+I_{Wd}\quad ;\; I_q=I_{Sq}+I_{Wq}
\end{aligned}
\right\} \qquad (36)
$$

Pentru un fenomen tranzitoriu oarecare, se rezolvă, printr-o metodă de integrare numerică, sistemul (35) în condițiile impuse de regim. Apoi, cu relațiile (36) se calculează curenții, cu care (ținînd seamă de cele expuse la 1 și 2) se determină componentele de bilanț.

4. Modele matematice și de bilanț simplificate

Elaborarea bilanțului electric al mașinii asincrone cu ajutorul modelelor matematice prezentate mai sus are avantajul că oferă posibilitatea separării diferitelor categorii de pierderi, dar presupune cunoașterea parametrilor electrici și mecanici, ceea ce nu este totdeauna ușor în condiții de exploatare.

În practică este de obicei suficientă determinarea randamentului și factorului de putere pentru regimul considerat.

Faptul că motoarele asincrone sînt tipizate din punctul de vedere al caracteristicilor permite elaborarea unor modele matematice mai simple.

4.1. *Modelul matematic BEMAS—1*

În cadrul fostului Institut de energetică al Academiei R.S.R. a fost elaborat un model matematic simplificat, plecînd de la analiza diagramei cercului mașinii asincrone. Am denumit, pentru identificare, acest model — modelul BEMAS—1. El este format (cu notațiile din lucrarea de față) din relațiile:

$$
\left.
\begin{aligned}
&\Delta p=\frac{\Delta P}{P_{an}}=p_{A0}+m\cdot(q_A-q_{A0})\\
&q_A=\frac{Q_A}{P_{an}}=q_{A0}+\\
&+\frac{r-m\cdot p'_a-\sqrt{r^2-p'_a\cdot(p'_a+2\cdot m\cdot r)}}{1+m^2}
\end{aligned}
\right\} \qquad (37)
$$

în care:

$$
p'_a=\frac{P_a+0{,}5\cdot P_{A0}}{P_{an}} \qquad (38)
$$

$$
\left.
\begin{aligned}
&m=\frac{\Delta p_n-p_{A0}}{q_{An}-q_{A0}}\;;\\
&r=\frac{q_{An}-q_{A0}}{2}\cdot\left[1+\left(\frac{p_{An}-0{,}5\cdot p_{A0}}{q_{An}-q_{A0}}\right)^2\right]\\
&\Delta p_n=p_{An}-1=\frac{1}{\eta_n}-1 \text{ și}\\
&q_{An}=p_{An}\cdot\operatorname{tg}\varphi_n=\frac{\operatorname{tg}\varphi_n}{\eta_n}
\end{aligned}
\right\} \qquad (39)
$$

Puterile notate cu litere mici sînt raportate la puterea nominală.

Metoda presupune cunoașterea datelor nominale (P_{An},Q_{An}, P_{an}, cos φ_n, η_n), a celor corespunzătoare regimului de mers în gol (P_{A0},Q_{A0}) și a puterii la arbore în regimul studiat (P_a).

Exemplu

Să reluăm cazul exemplificat la pct. 2, presupunînd că dintr-o încercare de mers în gol au rezultat : P_{A0} = 16,11 kW, Q_{A0} = 177,42 kVAr, și să determinăm cu modelul de mai sus randamentul și factorul de putere pentru regimul caracterizat prin încărcarea β_P = 0,7.

Vom avea : $p_{An}=\frac{343{,}4}{315}=1{,}09$; $q_{An}=\frac{236{,}7}{315}=0{,}751$

$$
p_{A0}=\frac{16{,}11}{315}=0{,}0511\,;\; q_{A0}=\frac{177{,}42}{315}=0{,}563
$$

$$
\Delta p_n=1{,}09-1=0{,}09\,;
$$

$$
p'_a=\frac{217{,}8+0{,}5\cdot 16{,}11}{315}=0{,}717
$$

$$
m=\frac{0{,}09-0{,}0511}{0{,}751-0{,}563}=0{,}207
$$

$$
r=\frac{0{,}751-0{,}563}{2}\cdot\left[1+\left(\frac{1{,}09-0{,}5\cdot 0{,}511}{0{,}751-0{,}563}\right)^2\right]=3{,}107
$$

$$
q_A=0{,}563+\frac{3{,}107-0{,}207\cdot 0{,}717-\sqrt{3{,}107^2-0{,}717\cdot(0{,}717+2.0{,}207\cdot 3{,}107)}}{1+0{,}207^2}=
$$

$$
=0{,}651\,;\quad \Delta p=0{,}0511+0{,}207\cdot(0{,}651-0{,}563)=0{,}0693
$$

$Q_A = 0{,}651\cdot 315 = 205{,}1$ kVAr (202,94 ; + 1,05 %)

$\Delta P = 0{,}0693\cdot 315 = 21{,}83$ kW (22,4 ; −2,54 %)

$P_A = 217{,}8 + 21{,}83 = 239{,}63$ kW (240,2 ; −0,24 %)

$$
\eta=\frac{217{,}8}{239{,}63}=0{,}909 \qquad (0{,}909\,;\,0)
$$

$$
\cos\varphi=\frac{239{,}63}{\sqrt{239{,}63^2+205{,}1^2}}=0{,}76\ (0{,}763\,;\,-0{,}39\ \%)
$$

În paranteze au fost trecute valorile obținute cu modelul matematic complet și erorile procentuale față de acestea. Se constată o precizie satisfăcătoare a rezultatelor obținute cu modelul matematic BEMAS-1.

Utilizarea acestui model, deși nu mai necesită cunoașterea parametrilor motorului, are dezavantajul că presupune mă-

surarea puterii la arbore pentru regimul considerat. Pentru eliminarea acestui inconvenient s-a modificat modelul elaborat inițial, în sensul folosirii puterii active absorbite (P_A) în locul celei la arbore. Aceasta conduce doar la înlocuirea coeficientului p'_a cu :

$$p'_A = \frac{P_A + 0{,}5 \cdot P_{A0}}{P_{An}}, \qquad (40)$$

care, în cazul exemplificat, va avea valoarea :

$$p'_A = \frac{240{,}2 + 0{,}5 \cdot 16{,}11}{343{,}4} = 0{,}723,$$

cu care se obțin :

$\Delta P = 21{,}96$ kW $(-1{,}96\%)$; $P_a = 218{,}24$ kW $(+ 0{,}20\%)$

$P_A = 240{,}2$ kW (0%); $Q_A = 205{,}7$ kVAR $(+ 1{,}36\%)$

$\eta = 0{,}9086$ $(-0{,}05\%)$; $\cos \varphi = 0{,}76$ $(-0{,}45\%)$

În paranteze s-au prezentat erorile procentuale față de valorile obținute cu modelul matematic complet. Se observă că precizia rezultatelor este suficientă și de aceea se recomandă utilizarea relației (40) în locul relației (38).

4.2. *Modelul matematic BEMAS-2*

Pornind de la ideea obținerii unor expresii simple, care să redea dependența randamentului și a factorului de putere de mărimi ușor de măsurat în condiții de exploatare (cum sînt gradul de încărcare cu putere, sau cel de încărcare cu curent), la Institutul de cercetări și modernizări energetice s-a elaborat un nou model matematic de bilanț, denumit convențional BEMAS-2.

— Expresiile simplificate ale randamentului și factorului de putere

Ridicînd, cu ajutorul programului de calcul BEMAS, caracteristicile randament-grad de încărcare și factor de putere-grad de încărcare pentru un număr de 376 de motoare asincrone de fabricație curentă în România (motoare cu rotor bobinat: 23 din seria AFI-380V, 30 din seria MIP2-380V, 27 din seria MAP2-380V, 40 din seria MIP2-6000V și 38 din seria MAP2-6000V; motoare cu rotor în colivie: 76 din seria ASI-380V, 34 din seria MIB2-380V, 25 din seria MAB2-380V, 41 din seria MIB2-6000V și 42 motoare din seriile MEC2-6000V și MAB2-6000V), s-a constatat că ele se pot grupa în familii de curbe cu alură foarte asemănătoare, avînd ca parametru randamentul, respectiv factorul de putere nominal.

Pentru exemplificare se redau în figurile 3 și 4 aceste caracteristici, ridicate în funcție de gradul de încărcare mecanică (β_m) pentru seria de motoare ASI-380V.

Curbe similare rezultă și dacă în locul gradului de încărcare mecanică se utilizează gradul de încărcare cu putere activă (β_P) sau cel de încărcare cu curent (β_I). În figurile 5 și 6 se redau exemple de astfel de caracteristici, ridicate pentru un motor de 200 kW, 6000 V, $p = 2$, din seria MIP2.

În domeniul de încărcări curente ($0{,}2 \leqslant \beta_m \leqslant 1{,}2$), caracteristicile se pot asimila cu curbe a căror expresie analitică este de forma :

$$Y = \frac{A + \beta}{B + C \cdot \beta}, \qquad (41)$$

în care :

Y este randamentul sau factorul de putere;
β — gradul de încărcare (β_m, β_P sau β_I).

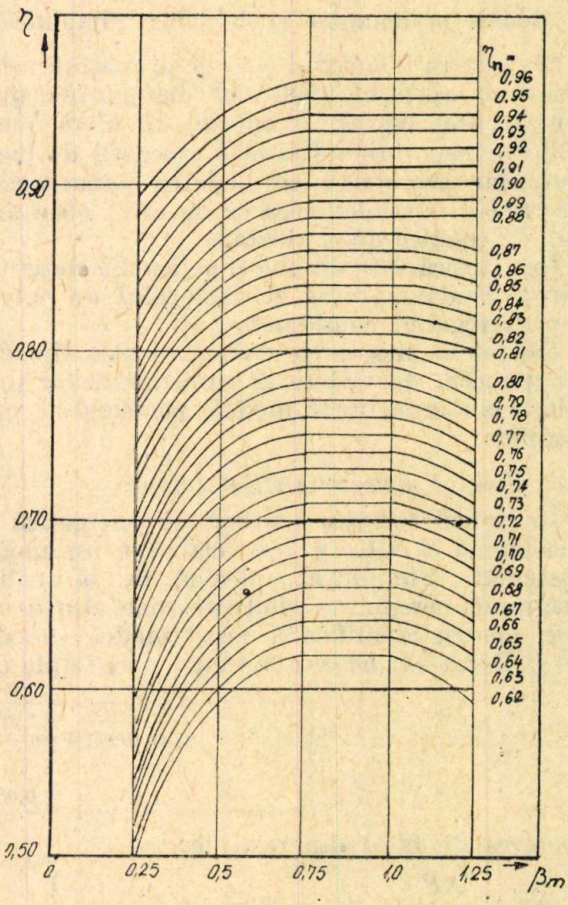


Fig. 3. Caracteristicile randament — grad de încărcare mecanică la motoarele asincrone din seria ASI.

Determinarea coeficienților A, B și C s-a făcut impunînd condiția ca dintr-un șir de perechi de valori (Y_i, β_i — $i = 1, N$) măsurate sau calculate, curba să treacă prin trei puncte semnificative (de exemplu : punctele de capăt și cel median ale intervalului considerat) caracterizate prin Y_1, β_1, Y_2, β_2 și Y_3, β_3. În

acest fel, expresiile coeficienților sînt următoarele:

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{Y_1 \cdot Y_2 \cdot \beta_3 \cdot (\beta_1 - \beta_2) + Y_2 \cdot Y_3 \cdot \beta_1 (\beta_2 - \beta_3) + Y_3 \cdot Y_1 \cdot \beta_2 \cdot (\beta_3 - \beta_1)}{Y_1 \cdot Y_2 \cdot (\beta_2 - \beta_1) + Y_2 \cdot Y_3 \cdot (\beta_3 - \beta_2) + Y_3 \cdot Y_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)} \\ B &= \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot (Y_2 - Y_1) + \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot (Y_3 - Y_2) + \beta_3 \cdot \beta_1 \cdot (Y_1 - Y_3)}{Y_1 \cdot Y_2 \cdot (\beta_2 - \beta_1) + Y_2 \cdot Y_3 \cdot (\beta_3 - \beta_2) + Y_3 \cdot Y_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)} \\ C &= \frac{(Y_3 - Y_1) \cdot (\beta_3 - \beta_2) - (Y_3 - Y_2) \cdot (\beta_3 - \beta_1)}{Y_1 \cdot Y_2 (\beta_2 - \beta_1) + Y_2 \cdot Y_3 \cdot (\beta_3 - \beta_2) + Y_3 \cdot Y_1 \cdot (\beta_1 - \beta_3)} \end{aligned}\right\} \quad (42)$$

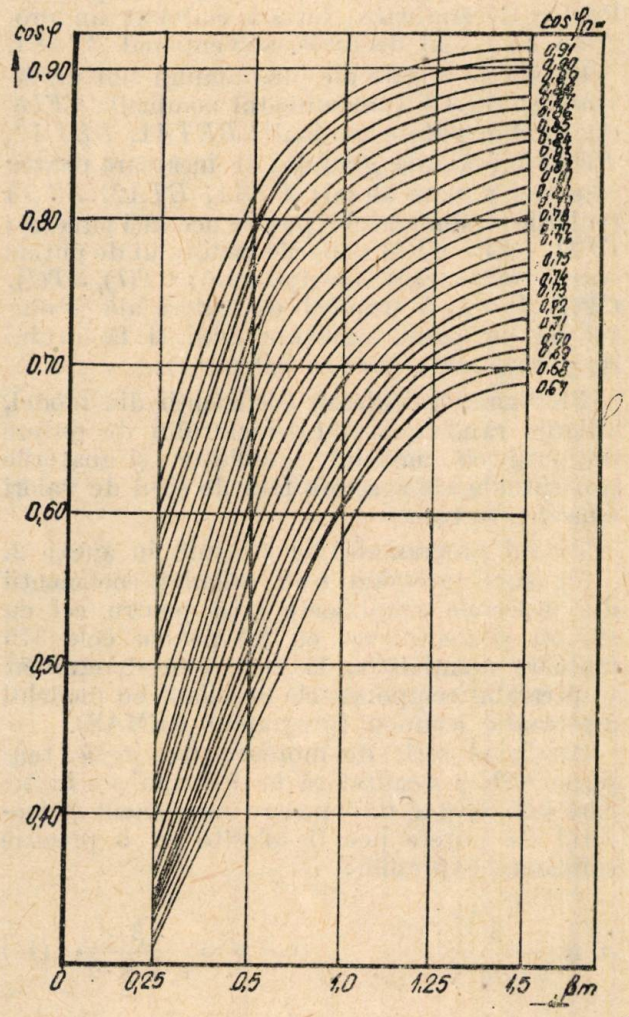


Fig. 4. Caracteristicile factor de putere — grad de încărcare mecanică la motoarele asincrone din seria ASI.

În consecință se obțin expresiile simplificate:
— pentru randament:

$$\eta \cong \frac{A_\eta + \beta}{B_\eta + C_\eta \cdot \beta} \quad (43)$$

— pentru factorul de putere:

$$\cos \varphi = \frac{A_\varphi + \beta}{B_\varphi + C_\varphi \cdot \beta}, \quad (44)$$

în care coeficienții A_η, B_η, C_η depind de valoarea nominală a randamentului, iar A_φ, B_φ, și C_φ de cea a factorului de putere nominal.

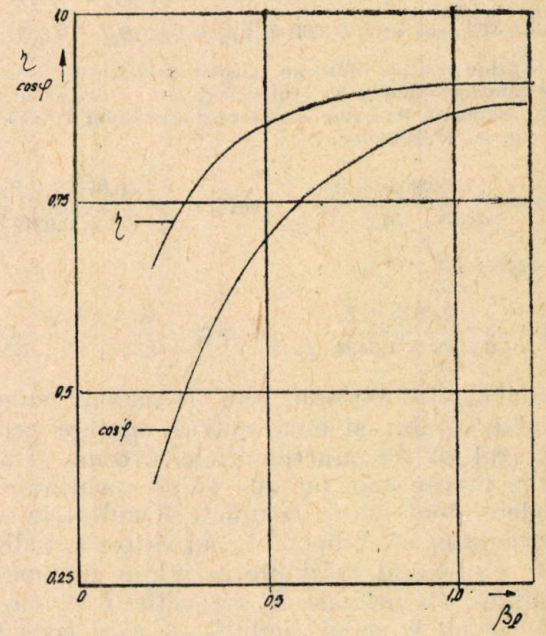


Fig. 5. Exemple de dependență a randamentului și factorului de putere de gradul de încărcare cu putere activă.

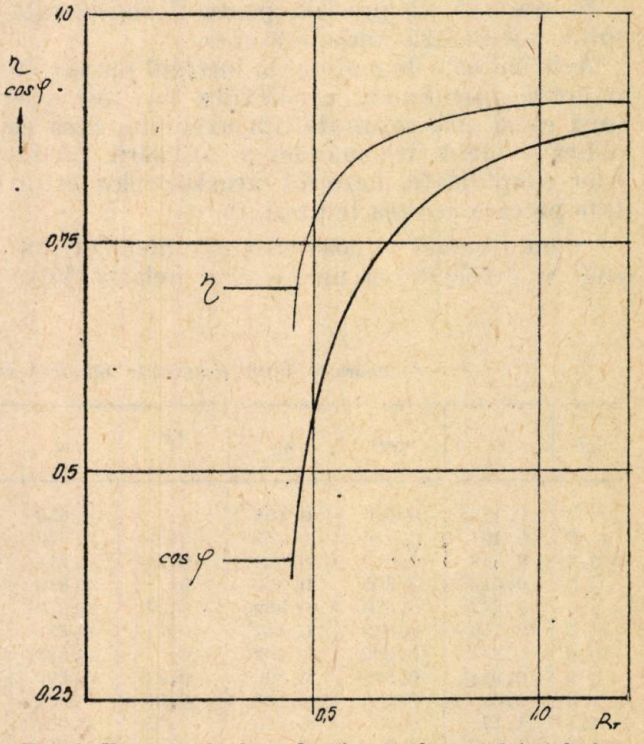


Fig. 6. Exemple de dependență a randamentului și factorului de putere de gradul de încărcare cu curent.

Exemplu

Fie un motor de 200 kW, 6000 V, $p = 2$ din seria MIP2 la care s-au calculat, cu modelul matematic complet, valorile randamentului și factorului de putere pentru grade de încărcare cu putere cuprinse în domeniul $0{,}2 \leqslant \beta_P \leqslant 1{,}2$ (cu pasul de calcul de 0,1) și valorile corespunzătoare ale gradului de încărcare cu curent.

Din șirurile de valori (prezentate în tabelul 1) s-au ales pentru determinarea coeficienților valorile :

$\eta_1 = 0{,}656$; $\cos \varphi_1 = 0{,}380$ cu $\beta_{P1} = 0{,}2$; $\beta_{I1} = 0{,}452$

$\eta_2 = 0{,}850$; $\cos \varphi_2 = 0{,}703$ cu $\beta_{P2} = 0{,}5$; $\beta_{I2} = 0{,}612$

$\eta_3 = 0{,}892$; $\cos \varphi_3 = 0{,}823$ cu $\beta_{P3} = 0{,}8$; $\beta_{I3} = 0{,}834$

Utilizînd relațiile (42) s-au calculat coeficienții din expresiile randamentului și factorului de putere pentru cazul folosirii gradului de încărcare cu putere și a gradului de încărcare cu curent, obținîndu-se :

$$\eta \cong \frac{-0{,}08639 + \beta_P}{-0{,}03574 + 1{,}0447 \cdot \beta_P} \; ; \cos \varphi \cong \frac{-0{,}07577 + \beta_P}{0{,}1426 + 0{,}9218 \cdot \beta_P}$$

și respectiv :

$$\eta \cong \frac{-0{,}4025 + \beta_I}{-0{,}4076 + 1{,}0688 \cdot \beta_I} \; ; \cos \varphi \cong \frac{-0{,}3981 + \beta_I}{-0{,}31707 + 1{,}0152 \cdot \beta_I}$$

Cu aceste expresii s-au recalculat valorile randamentului și factorului de putere pentru întregul șir de puncte inițiale, precum și abaterile procentuale față de valorile obținute cu modelul matematic complet. Rezultatele sînt prezentate în tabelul 1, în care cu indicele *MC* s-au notat mărimile calculate cu modelul complet, cu indicele *P*, respectiv *I* — cele rezultate cu modelul simplificat, care consideră încărcarea β_P, respectiv cu cel corespunzător încărcării β_I.

Se observă că precizia poate fi considerată suficientă pentru ambele cazuri.

Aplicînd cele de mai sus la întregul număr de motoare menționat, concluziile au fost aceleași ca și cele rezultate din exemplu, ceea ce indică evident recomandarea utilizării modelelor simplificate, datorită următoarelor avantaje pe care acestea le prezintă :

— nu necesită cunoașterea parametrilor mașinii și desfășurarea unui calcul relativ laborios, cum este cel din cazul folosirii modelului matematic complet ;

— presupune doar o măsurare a puterii active absorbite sau o simplă citire a curentului absorbit.

— *Expresiile coeficienților din modelele simplificate pentru motoarele de fabricație curentă în România*

Utilizarea modelului BEMAS-2 necesită cunoașterea coeficienților din relațiile respective. Pentru determinarea lor s-a elaborat un program de calcul denumit convențional ETAFI.

Datele de intrare ale programului sînt următoarele : *ETAN* (randamentul nominal) ; *CFIN* (factorul de putere nominal) ; *BETA*1, *BETA*2, *BETA*3 (valorile gradului de încărcare pentru cele trei puncte alese) ; *ETA*1, *ETA*2, *ETA*3 (valorile randamentului pentru aceleași puncte) ; *CFI*1, *CFI*2, *CFI*3 (valorile factorului de putere corespunzătoare acelorași puncte) ; *BT(I)*, *ET(I)*, *CF(I)* $I = 1, N$ (tabelul de valori ale gradului de încărcare, randamentului și factorului de putere măsurate sau calculate).

Programul calculează coeficienții din model, valorile randamentului și factorului de putere obținute cu modelul simplificat și abaterile procentuale ale acestora față de șirul de valori considerate corecte.

Textul programului se prezintă în anexa 2.

Cu acest program s-au calculat coeficienții din modelele simplificate (atît pentru cel cu β_P, cît și pentru cel cu β_I) pentru cele 376 motoare menționate, la care s-au determinat în prealabil componentele de bilanț cu modelul matematic complet (programul BEMAS).

Analizînd seria de motoare de joasă tensiune ASI, a rezultat că în domeniul de încărcare $0{,}25 \leqslant \beta \leqslant 0{,}75$ pentru randament și factorul de putere pot fi folosite cu o precizie suficientă expresiile :

$$\eta \cong \frac{\beta}{a + \beta \cdot b} \qquad \cos \varphi = \frac{\beta}{c + \beta \cdot d}. \quad (45)$$

Tabelul 1

Comparație între rezultatele obținute cu modelul complet și cu modelele simplificate

β_P	β_I	η_{MC}	η_P	ε_P, %	η_I	ε_I, %	$\cos \varphi_{MC}$	$\cos \varphi_P$	ε_P, %	$\cos \varphi_I$	ε_I, %
0,2	0,452	0,656	0,656	0	0,656	0	0,380	0,380	0	0,380	0
0,3	0,494	0,766	0,769	0,39	0,760	−0,78	0,522	0,535	2,49	0,520	−0,38
0,4	0,549	0,819	0,821	0,24	0,818	−0,12	0,627	0,634	1,12	0,628	0,11
0,5	0,612	0,850	0,850	0	0,850	0	0,703	0,703	0	0,703	0
0,6	0,682	0,870	0,869	−0,11	0,870	0	0,754	0,750	−0,53	0,756	0,27
0,7	0,756	0,883	0,882	−0,11	0,883	0	0,796	0,792	−0,50	0,795	−0,13
0,8	0,834	0,892	0,892	0	0,892	0	0,823	0,823	0	0,823	0
0,9	0,915	0,898	0,900	0,22	0,899	0,11	0,846	0,848	0,24	0,845	−0,12
1,0	1,0	0,902	0,905	0,33	0,904	0,22	0,861	0,868	0,81	0,862	0,12
1,1	1,17	0,905	0,910	0,55	0,907	0,22	0,873	0,886	1,49	0,875	0,23
1,2	1,346	0,907	0,914	0,77	0,911	0,44	0,882	0,900	2,04	0,887	0,57

în care coeficienţii a, b, c, d au valorile prezentate în tabelele 2 şi 3.

Tabelul 2

η_n	a	b	η_n	a	b
0,96	0,0309	1,000	0,78	0,0706	1,188
0,95	0,0314	1,010	0,77	0,0726	1,282
0,94	0,0371	1,014	0,76	0,0745	1,216
0,93	0,0379	1,025	0,75	0,0769	1,231
0,92	0,0388	1,035	0,74	0,0791	1,246
0,91	0,0453	1,039	0,73	0,0815	1,261
0,90	0,0462	1,050	0,72	0,0939	1,264
0,89	0,0474	1,060	0,71	0,1074	1,265
0,88	0,0486	1,072	0,70	0,1108	1,281
0,87	0,0497	1,083	0,69	0,1144	1,297
0,86	0,0479	1,099	0,68	0,1181	1,313
0,85	0,0459	1,115	0,67	0,1220	1,330
0,84	0,0469	1,128	0,66	0,1263	1,347
0,83	0,0549	1,132	0,65	0,1306	1,364
0,82	0,0564	1,144	0,64	0,1353	1,382
0,81	0,0578	1,158	0,63	0,1400	1,400
0,80	0,0669	1,161	0,62	0,1452	1,419
0,79	0,0688	1,174			

Tabelul 3

$\cos\varphi_n$	c	d	$\cos\varphi_n$	c	d
0,91	0,155	0,944	0,78	0,386	0,899
0,90	0,167	0,944	0,77	0,400	0,898
0,89	0,181	0,943	0,76	0,438	0,877
0,88	0,196	0,941	0,75	0,481	0,852
0,87	0,202	0,948	0,74	0,475	0,876
0,86	0,218	0,944	0,73	0,496	0,874
0,85	0,237	0,940	0,72	0,517	0,871
0,84	0,257	0,934	0,71	0,511	0,898
0,83	0,265	0,940	0,70	0,534	0,895
0,82	0,303	0,917	0,69	0,527	0,922
0,81	0,329	0,905	0,68	0,552	0,919
0,80	0,359	0,892	0,67	0,544	0,948

După cum se observă, valorile coeficienţilor din modelul simplificat depind de randamentul nominal al motorului.

Dacă valoarea acestuia nu se cunoaşte, literatura recomandă utilizarea următoarei expresii:

$$\eta_\eta \cong 1 - \frac{0{,}25}{P_n^{0{,}22}} \qquad (46)$$

Pentru exemplificare s-a considerat un motor având următoarele caracteristici:

$P_n = 30$ kW; $U_{Sn} = 220$ V; $I_n = 63{,}4$ A; $\eta_n = 0{,}913$;

$\cos\varphi_n = 0{,}87$; $p = 2$; $R_S = 0{,}0958\ \Omega$; $X_S = 10\ \Omega$;

$X_\mu = 9{,}71\ \Omega$; $R'_R = 0{,}08\ \Omega$; $X'_R = 10{,}14\ \Omega$; $R_W = 192\ \Omega$.

S-au calculat, cu relaţiile (45), randamentul şi factorul de putere pentru un regim caracterizat prin gradul de încărcare mecanică $\beta_m = 0{,}549$, căruia îi corespunde o încărcare cu putere de $\beta_P = 0{,}552$, obţinîndu-se:

$$\eta = \frac{0{,}549}{0{,}0453 + 0{,}549 \cdot 1{,}039} = 0{,}892\ (-1{,}80\%)$$

$$\cos\varphi = \frac{0{,}549}{0{,}202 + 0{,}549 \cdot 0{,}948} = 0{,}76\ (-2{,}70\%)$$

$$\eta = \frac{0{,}552}{0{,}0453 + 0{,}552 \cdot 1{,}039} = 0{,}892\ (-1{,}80\%)$$

$$\cos\varphi = \frac{0{,}552}{0{,}202 + 0{,}552 \cdot 0{,}948} = 0{,}761\ (-2{,}55\%)$$

În paranteze s-au trecut erorile procentuale faţă de rezultatele obţinute cu modelul matematic complet.

Faţă de cele de mai sus se desprind următoarele:

— folosirea modelului simplificat BEMAS-2 nu permite separarea pierderilor din motor, dar dă rezultate (pentru randament şi factor de putere) de o precizie suficientă;

— modelul are avantajul utilizării gradului de încărcare cu putere sau curent, uşor de măsurat în practică.

4.3. *Modelul matematic simplificat pentru bilanţul electric al unui grup de motoare asincrone*

Adesea, datorită limitării posibilităţilor de măsurare sau numărului mare de motoare existente într-o anumită instalaţie, este practic foarte dificilă tratarea individuală a acestora. În cazul cel mai frecvent întîlnit, aceasta este situaţia în special a grupurilor de motoare de joasă tensiune, de puteri unitare mici şi mijlocii alimentate din acelaşi tablou sau din aceeaşi bară. Pentru aceste situaţii s-a elaborat un model (denumit convenţional BEMAS-G) prin care se echivalează grupul de motoare cu un singur motor care are acelaşi randament şi factor de putere cu cele corespunzătoare întregului ansamblu.

— Relaţiile de calcul pentru bilanţul motorului echivalent

Fie un grup de N motoare (indicele curent fiind i) alimentate din acelaşi punct, la care se cunosc: puterile active absorbite în regim nominal (P_{Ani}, $i = 1, N$), factorii de putere şi randamentele nominale ($\cos\varphi_{ni}$ şi η_{ni}, $i = 1, N$) şi puterea activă totală absorbită de grupul de motoare în regimul studiat (P_{Ae}). Cu acestea se calculează:

— puterea absorbită echivalentă în regim nominal:

$$P_{Ane} = \sum_{i=1}^{N} P_{Ani} \qquad (47)$$

— randamentul nominal echivalent:

$$\eta_{ne} = \frac{1}{P_{Ane}} \cdot \sum_{i=1}^{N} P_{Ani} \cdot \eta_{ni} \qquad (48)$$

— factorul de putere nominal echivalent:

$$\cos \varphi_{ne} = \frac{1}{P_{Ane}} \cdot \sum_{i=1}^{N} P_{Ani} \cdot \cos \varphi_{ni} \qquad (49)$$

— gradul de încărcare echivalent:

$$\beta_{Pe} = \frac{P_{Ae}}{P_{Ane}} \qquad (50)$$

— randamentul și factorul de putere de regim:

$$\eta_e = \frac{A_\eta + \beta_{Pe}}{B_\eta + C_\eta \cdot \beta_{Pe}}; \quad \cos \varphi_e = \frac{A_\varphi + \beta_{Pe}}{B_\varphi + C_\varphi \cdot \beta_{Pe}} \qquad (51)$$

— pierderile de putere activă în grupul de motoare:

$$\Delta P_e = (1 - \eta_e) \cdot P_{Ae} \qquad (52)$$

— puterea reactivă absorbită de grupul de motoare:

$$Q_{Ae} = P_{Ae} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_e}}{\cos \varphi_e}, \qquad (53)$$

în care coeficienții A_η, B_η, C_η și A_φ, B_φ, C_φ corespund randamentului nominal echivalent (η_{ne}), respectiv factorului de putere nominal echivalent ($\cos \varphi_{ne}$).

Exemplu

Fie un grup de patru motoare alimentate din aceeași bară de 380 V între faze, care are următoarele caracteristici:

— motorul 1: $P_{n1} = 13$ kW; $I_{n1} = 27{,}8$ A; $\cos \varphi_{n1} = 0{,}835$

$\eta_{n1} = 0{,}851$; $p_1 = 2$; $P_{A1} = 12{,}22$ kW

— motorul 2: $P_{n2} = 10$ kW; $I_{n2} = 23{,}5$ A; $\cos \varphi_{n2} = 0{,}787$

$\eta_{n2} = 0{,}829$; $p_2 = 3$; $P_{A2} = 8{,}46$ kW

— motorul 3: $P_{n3} = 5{,}5$ kW; $I_{n3} = 14{,}6$ A; $\cos \varphi_{n3} = 0{,}718$

$\eta_{n3} = 0{,}795$; $p_3 = 4$; $P_{A3} = 4{,}14$ kW

— motorul 4: $P_{n4} = 55$ kW; $I_{n4} = 110$ A; $\cos \varphi_{n4} = 0{,}82$

$\eta_{n4} = 0{,}915$; $p_4 = 3$; $P_{A4} = 47{,}5$ kW

Cu aceste date rezultă:

$$P_{An1} = 3 \cdot 380 \cdot 27{,}8 \cdot 0{,}835 \cdot 10^{-3} = 15{,}28 \text{ kW}$$

$$P_{An2} = 3 \cdot 380 \cdot 23{,}5 \cdot 0{,}781 \cdot 10^{-3} = 12{,}08 \text{ kW}$$

$$P_{An3} = 3 \cdot 380 \cdot 14{,}6 \cdot 0{,}718 \cdot 10^{-3} = 6{,}9 \text{ kW}$$

$$P_{An4} = 3 \cdot 380 \cdot 110 \cdot 0{,}82 \cdot 10^{-3} = 59{,}37 \text{ kW}$$

În cazul tratării individuale a motoarelor, s-a utilizat modelul matematic complet (programul BEMAS), cu care s-au obținut:

$\eta_1 = 0{,}795$; $\cos \varphi_1 = 0{,}806$; $\Delta P_1 = (1 - 0{,}795) \cdot 12{,}22 = 2{,}51$ kW

$\eta_2 = 0{,}805$; $\cos \varphi_2 = 0{,}723$; $\Delta P_2 = (1 - 0{,}805) \cdot 8{,}46 = 1{,}65$ kW

$\eta_3 = 0{,}725$; $\cos \varphi_3 = 0{,}599$; $\Delta P_3 = (1 - 0{,}725) \cdot 4{,}14 = 1{,}14$ kW

$\eta_4 = 0{,}913$; $\cos \varphi_4 = 0{,}776$; $\Delta P_4 = (1 - 0{,}913) \cdot 47{,}5 = 4{,}13$ kW

— total putere activă absorbită:

$$P_{Ae} = 12{,}22 + 8{,}46 + 4{,}14 + 47{,}5 = 72{,}32 \text{ kW}$$

— total pierderi de putere activă:

$$\Delta P_e = 2{,}51 + 1{,}65 + 1{,}14 + 4{,}13 = 9{,}43 \text{ kW}$$

— randamentul pe total grup:

$$\eta_e = \frac{72{,}32 - 9{,}43}{72{,}32} = 0{,}87$$

Făcînd bilanțul cu modelul BEMAS-G se obțin:

$$P_{Ane} = 15{,}28 + 12{,}08 + 6{,}9 + 59{,}37 = 93{,}63 \text{ kW}$$

$$\eta_{ne} = \frac{11}{93{,}63} \cdot (15{,}28 \cdot 0{,}851 + 12{,}08 \cdot 0{,}829 + 6{,}9 \cdot 0{,}795 + 59{,}37 \cdot 0{,}915) = 0{,}885$$

$$\cos \varphi_{ne} = \frac{1}{93{,}63} \cdot (15{,}28 \cdot 0{,}835 + 12{,}08 \cdot 0{,}781 + 6{,}9 \cdot 0{,}718 + 59{,}37 \cdot 0{,}820) = 0{,}81$$

$$\beta_{Pe} = \frac{72{,}32}{93{,}63} = 0{,}772$$

5. Influența gradului de încărcare asupra bilanțului electric al motorului asincron

Este cunoscut faptul că gradul de încărcare al unui motor influențează principalele mărimi energetice ale acestuia (randamentul și factorul de putere). Există astfel încetățenită ideea că motoarele subîncărcate ($0 < \beta < 1$) trebuie înlocuite cu altele la care puterea nominală să fie cît mai apropiată de cea cerută de mașina de lucru. În realitate însă, pentru a se proceda la o înlocuire de acest gen, este necesară efectuarea unei analize tehnico-economice cît de cît aprofundată pentru fiecare caz.

Principalele efecte ale înlocuirii motoarelor subîncărcate sînt următoarele:

— reducerea eventuală a puterii absorbite pe baza obținerii unui randament mai ridicat;

— posibila îmbunătățire a factorului de putere, ceea ce conduce la o diminuare a pierderilor din rețea;

— modificarea caracteristicilor electromecanice ale acționării;
— necesitatea unor cheltuieli suplimentare;
— necesitatea efectuării unor lucrări pe durata cărora acționarea este scoasă din funcțiune.

Deoarece oportunitatea înlocuirii are la bază primele două aspecte, să parcurgem o analiză simplă a acestora.

5.1. *Reducerea puterii absorbite*

Prin înlocuire se poate obține uneori o reducere a consumului pe seama scăderii pierderilor în motor, prin folosirea acestuia la un grad de încărcare care să situeze randamentul în zona de maxim (în genere zona de încărcare nominală).

Un prim pas în analizarea acestui aspect îl constituie determinarea gradului de încărcare real. Aceasta se poate face prin elaborarea bilanțului real cu unul din modelele expuse sau prin măsurători.

Din analiza caracteristicilor randament-grad de încărcare prezentate se constată că pentru grade de încărcare situate în domeniul $0{,}75<\beta<1$ valoarea randamentului este aproximativ constantă și foarte apropiată de cea nominală.

Conform acestei observații, dacă gradul de încărcare al unui motor este mai mare de 0,75, înlocuirea lui nu este oportună, motorul funcționînd practic cu randamentul nominal.

Fie însă un motor, notat în continuare cu indicele 1, care are gradul de încărcare $\beta_1<0{,}75$ și care acționează o mașină de lucru necesitînd o putere medie la arbore P_a.

Motorul va lucra cu randamentul:

$$\eta_1=\frac{A_{\eta 1}+\beta_1}{B_{\eta 1}+C_{\eta 1}\cdot\beta_1}, \tag{54}$$

avînd pierderile de putere activă:

$$\Delta P_1=\frac{1-\eta_1}{\eta_1}\cdot P_a=\frac{B_{\eta 1}-A_{\eta 1}+\beta_1\cdot(C_{\eta 1}-1)}{A_{\eta 1}+\beta_1}\cdot P_a \tag{55}$$

Dacă se înlocuiește motorul cu 1 un altul, notat în continuare cu indicele 2, de putere nominală mai apropiată de puterea cerută P_a, astfel încît acesta să lucreze practic cu randamentul nominal (η_{n2}), atunci pierderile în motorul 2 vor fi:

$$\Delta P_2=\frac{1-\eta_{n2}}{\eta_{\eta 2}}\cdot P_a \tag{56}$$

Ținînd seamă de aceste relații, se obține:

$$\Delta P_2-\Delta P_1=\left(\frac{1}{\eta_{n2}}-\frac{1}{\eta_1}\right)\cdot P_a \tag{57}$$

Ca diferența pierderilor să fie negativă, deci ca înlocuirea să fie eficientă energetic, rezultă condiția:

$$\eta_{n2}>\eta_1, \tag{58}$$

deci apare o a doua condiție restrictivă pentru înlocuire, care cere ca randamentul nominal al motorului înlocuitor să fie mai mare decît cel de regim normal al motorului înlocuit.

Exemplu

Să presupunem existența unui motor cu următoarele caracteristici: $P_n=30$ kW; $U_n=380$ V; $I_n=63{,}4$ A; $\cos\varphi_n=0{,}871$; $\eta_n=0{,}913$ și care funcționează la o încărcare $\beta_P=0{,}552$, căreia îi corespund: $P_a=18{,}28$ kW; $\Delta P=1{,}842$ kW; $P_A=20{,}1$ kW; $\cos\varphi=0{,}801$; $\eta=0{,}908$.

Deoarece gradul de încărcare este sub 0,75, la prima vedere apare ca oportună înlocuirea motorului.

Din catalogul fabricantului se găsește că motoarele cu puterea nominală cea mai apropiată de cea cerută sînt cele de 22 kW (cu $\eta_n=0{,}89$; $\cos\varphi_n=0{,}85$) și de 18,5 kW (cu $\eta_n=0{,}89$ și $\cos\varphi_n=0{,}85$). Deoarece ambele motoare au același randament și factor de putere, apare ca recomandabilă folosirea motorului de 18,5 kW. Se observă însă că randamentul nominal al acestui motor este mai mic decît cel de regim al motorului existent și deci nu se respectă cea de-a doua condiție pentru o înlocuire eficientă. Într-adevăr pierderile din motorul de 18,5 kW vor fi:

$$\Delta P_2=\frac{1-0{,}89}{0{,}89}\cdot 18{,}28=2{,}26\text{ kW},$$

adică mai mari decît cele de regim din motorul de 30 kW.

În consecință, din punctul de vedere al economiei de energie, înlocuirea motorului existent este neoportună.

5.2. *Îmbunătățirea factorului de putere*

Datorită dependenței mai pronunțate a factorului de putere de gradul de încărcare, în general prin înlocuirea motoarelor subîncărcate se obține o oarecare îmbunătățire a circulației de puteri în rețeaua consumatorului.

Puterile reactive absorbite de către două motoare diferite, cărora li se cere aceeași putere la arbore, se pot scrie:

$$Q_{A1}=\frac{P_a}{\eta_1}\cdot\operatorname{tg}\varphi_1;\quad Q_{A2}=\frac{P_a}{\eta_2}\cdot\operatorname{tg}\varphi_2$$

Ca diferența $Q_{A2}-Q_{A1}$ să fie negativă, adică să se micșoreze consumul de putere reactivă prin folosirea motorului 2 în locul motorului 1, trebuie respectată condiția:

$$\operatorname{tg}\varphi_2<\frac{\eta_2}{\eta_1}\cdot\operatorname{tg}\varphi_1$$

Aplicînd acest criteriu la motoarele de 30 și 18,5 kW din exemplul precedent, rezultă:

$$\operatorname{tg}\varphi_1=\frac{\sqrt{1-0{,}801^2}}{0{,}801}=0{,}747;$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2=\frac{\sqrt{1-0{,}85^2}}{0{,}85}=0{,}62$$

$$\frac{\eta_2}{\eta_1}\cdot\operatorname{tg}\varphi_1=\frac{0{,}89}{0{,}908}\cdot 0{,}747=0{,}732>0{,}62$$

Deci din acest punct de vedere înlocuirea motorului apare ca recomandabilă.

În general, în asemenea situaţii primează însă criteriul reducerii pierderilor (avînd în vedere că realizarea unei circulaţii optime a puterii reactive se poate face prin compensări).

Dacă rezultă oportunitatea energetică a înlocuirii, analiza trebuie continuată referitor la celelalte implicaţii pe care aceasta le produce.

În concluzie, la luarea unei decizii privind motoarele subîncărcate, trebuie avute în vedere toate aspectele pe care le are înlocuirea posibilă a acestora.

ANEXA 1

BEMAS

BILANŢUL ELECTRIC AL MOTORULUI ASINCRON
LA DIFERITE GRADE DE ÎNCĂRCARE

```
      DOUBLE PRECISION PN, UN, IN, CFIN, ETAN, P, RS, XS, RRP, XRP, XM, RW, OM, USN, P
     1AN, K, B, C, SN, PSN, PSNR, PRN, PRNR, PFE, PFER, PEMN, PEMNR, PM, PMR, QSN, QSNR,
     2QRN, QRNR, QMN, QMNR, PANR, QANR, CN, X, PA, QAN, S, IS, PS, IRP, PR, PU, ETA, IM, Q
     3A, I, COSFI, CM, XF
      READ (1,1) PN, UN, IN, CFIN, ETAN, P, RS, XS, RRP, XRP, XM, RW
    1 FORMAT (8D10.5/4D10.5)
      WRITE (3,2) PN, UN, P
    2 FORMAT (58X. 'BILANŢUL ELECTRIC'/ /24X, 'AL MOTORULUI ASINCRON DE', D1
     10,5, 'KW LA', D10.5, 'V CU', D10.5, 'PERECHI DE POLI')
      WRITE (3,3) IN, CFIN, ETAN
    3 FORMAT (/ /17X, 'CURENT NOMINAL = ', D10.5, 'A FACTOR DE PUTERE NOMIN
     1AL = ', D10.5, 'RANDAMENT NOMINAL = ', D10.5)
      WRITE (3,4) RS, XS, RRP, XRP, XM, RW
    4 FORMAT (/ /57X, 'PARAMETRII MAŞINII'/ /26X, 'RS = ', D10.5, 'OHM XS = '
     1, D10.5, 'OHM RRP = ', D10.5, 'OHM XRP = ', D10.5, 'OHM'/ /47X, 'XM = '
     2, D10.5, 'OHM RW=', D10.5,' 'OHM')
      WRITE (3,5)
    5 FORMAT (/ /43X, 'COMPONENTELE DE BILANŢ PENTRU REGIMUL NOMINAL')
      OM = 3.14159265D2
      USN = UN/DSQRT(3Do)
      PAN = 3Do*USN*IN*CFIN
      K = (PAN-3Do*USN*USN/RW)/3Do/USN/USN
      B = XM*XM*(2Do*K*RS-1Do)/(K*(RS**2+XS**2)-RS)
      C = (K*(RS*XRP*RS*XRP+(XS*XRP-XM*XM)**2)-RS*XRP*XRP)/(K*(RS**2+X
     1S**2)-RS)
      SN = 2Do*RRP/(-B+DSQRT(B*B-4Do*C))
      PSN ==3Do*RS*USN*USN*(RRP**2+(SN*XRP)**2)/( (RS*RRP-SN*(XS*XRP-XM**
     12) )**2+(SN*RS*XRP+RRP*XS)**2)/1D3
      PSNR = PSN/PN
      PRN = RRP/RS*SN*XM*SN*XM/(RRP**2+(SN*XRP)**2)*PSN
      PRNR = PRN/PN
      PFE = 3Do*USN*USN/RW/1D3
      PFER = PFE/PN
      PEMN = (1Do-SN)*PRN/SN
      PEMNR = PEMN/PN
      PM = PEMN-PN
      PAN = PSN+PRN+PFE+PEMN
      QSN = (XS-XM)/RS*PSN
      QSNR == QSN/PN
      QRN = (XRP-XM)/(XS-XM)*SN*XM*SN*XM/(RRP**2+(SN*XRP)**2)*QSN
      QRNR = QRN/PN
      QMN = XM/(XS-XM)*(RRP**2+SN*SN*(XRP-XM)*(XRP-XM) )/(RRP**2+(SN*XRP)
     1**2)*QSN
      QMNR = QMN/PN
      QAN = QSN+QRN+QMN
      PANR = PAN/PN
      QANR = QAN/PN
      CFIN = PAN/DSQRT(PAN**2+QAN**2)
      ETAN = PN/PAN
      CN = P*PRN/SN/OM*1D3
      WRITE (3,6)
    6 FORMAT (/ /49X, 'PUTERILE ACTIVE ÎN VALORI ABSOLUTE')
      WRITE (3,7) PSN, PRN, PFE
    7 FORMAT (/ /37X, 'PSN = ', D10.5, 'KW PRN = ', D10.5, 'KW PFE = ', D10.5,
     1, 'KW')
      WRITE (3,8) PM, PN, PAN
```

```
 8 FORMAT (/ /37X, 'PM = ', D10.5, 'KW PN = ', D10.5, 'KW PAN = , 'D10.5, '
   1 KW')
   WRITE (3,9)
 9 FORMAT (/ /49X, 'PUTERILE ACTIVE ÎN VALORI RELATIVE')
   WRITE (3,10) PSNR, PRNR, PFER
10 FORMAT (/ /36X, 'PSN = ', D10.5, 'UR PRN = ', D10.5, 'UR PFE = ', D10.5
   1, 'UR')
   WRITE (3,11) PMR, PANR
11 FORMAT (/ /47X, 'PM = ', D10.5, 'UR PAN = ', D10.5, 'UR')
   WRITE (3,12)
12 FORMAT (/ /48X, 'PUTERILE REACTIVE ÎN VALORI ABSOLUTE')
   WRITE (3,13) QSN, QRN, QMN, QAN
13 FORMAT (/ /23X, 'QSN = ', D10.5, 'KVAR QRN = ', D10.5, 'KVAR QMN = ', D
   110.5, 'KVAR QAN = ', D10.5, 'KVAR')
   WRITE (3,14)
14 FORMAT (/ /48X, 'PUTERILE REACTIVE ÎN VALORI RELATIVE')
   WRITE (3,15) QSNR, QSNR, QMNR, QANR
15 FORMAT (/ /30X, 'QSN = ', D10.5, 'UR QRN = ', D10.5, 'UR QM = ', D10.5,
   1 'QAN = ', D10.5, 'UR')
   WRITE (3,17) SN, CN
17 FORMAT (/ /40X, 'ALUNECAREA NOMINALĂ = ', D10.5, 'CUPLUL NOMINAL = ',
   1D10.5, 'NM')
   WRITE (3,18) CFIN, ETAN
18 FORMAT (/ /30X, 'FACTORUL DE PUTERE NOMINAL = ', D10.5, 'RANDAMENTUL
   1 NOMINAL = ', D10.5)
   WRITE (3,19)
19 FORMAT (/ /38X, 'COMPONENTELE DE BILANȚ PENTRU DIFERITE GRADE DE INC
   1ARCARE') WRITE (3,20)
20 FORMAT (/ /15X, 'PA/PN', 8X, 'I/IN', 9X, 'S', 10X, 'PS/PN', 7X, 'PR/PN', 8X,'
   1PU/PN', 5X, 'RANDAMENT', 4X, 'COSFI', 7X, 'CUPLU')
   X = 0.2Do
22 PA = X*PAN*1D3
   K = (PA-3Do*USN*USN/RW)/3Do/USN/USN
   B = XM*XM*(2Do*K*RS-1Do)/(K*(RS**2+XS**2)-RS)
   C = (K*(RS*RS*XRP*XRP+(XS*XRP-XM*XM)**2)-RS*XRP*XRP)/(K*(RS**2+X
   1S**2)-RS)
   S = 2Do*RRP/(-B+DSQRT(B**2-4Do*C))
   IS = USN*DSQRT((RRP*RRP+S*XRP*S*XRP)/((RS*RRP-S*(XS*XRP-XM*XM))**2+
   1 S*RS*XRP+RRP*XS)**2))
   PS ==3Do*RS*IS*IS/1D3/PN
   IRP = S*XM/DSQRT(RRP*RRP+S*XRP*S*XRP)*IS
   PR = 3Do*RRP*IRP*IRP/1D3/PN
   PU = PA/PN/1D3-PS-PR-PFER-PMR
   ETA = PU*PN/PA*1D3
   IM = DSQRT((RRP*RRP+S*(XRP-XM)*S*(XRP-XM))/(RRP*RRP+S*XRP*S*XRP))
   1*IS
   QA = (3Do*XS-XM)*IS*IS+3Do*(XRP-XM)*IRP*IRP+3Do*XM*IM*IM)
   I = DSQRT((PA**2+QA**2)/3Do/USN/IN
   COSFI = PA/DSQRT(PA**2+QA**2)
   CM = P*PR*PN*1D3/OM/S/CN
   WRITE (3,21) X, I, S, PS, PR, PU, ETA, COSFI, CM
1 FORMAT (/ /13X, D10.5, 2X, D10.5, 2X, D10.5, 2X, D10.5, 2X, D10.5, 2X, D10.5, 2
   1X, D10.5, 2X, D10.5, 2X, D10.5)
   X = X+.1Do
   XF = 1.5Do
   IF (X-XF) 22, 22, 23
3 CONTINUE
   STOP
   END
```

ibliografie

] Berinde, T. ș.a. *Întocmirea și analiza bilanțurilor energetice în industrie*. Editura tehnică, București, 1976.

] Gheorghiu I. S., Fransua, A. S. *Tratat de mașini electrice*, vol. III. *Mașini asincrone*. Editura Academiei R.S.R., București, 1971.

] * * * M.E.E. *Normativ E(2+7)-70 privind metodica de întocmire și analiză a bilanțurilor energetice în întreprinderile industriale și similare.*

[4] Mihăileanu, C. și Potlog, D. M. *Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice*. Editura tehnică, București, 1979.

[5] Potlog, D. M. *Influența gradului de încărcare asupra bilanțului electroenergetic al motoarelor asincrone*. MEE-CPL, D8-20, București, 1981.

[6] Soci, A., Moraru, A. *Description des moteurs et des transformateurs électriques dans les bilans électroénergétiques des entreprises industrielles*. Rev. Roumaine de sciences techniques, Tome 19/1974.

(Articol intrat în redacție la 20 aprilie 1982

Posibilitatea utilizării metodei rezonanței la investigarea transformărilor microstructurale discrete

Dr. ing. V. Luca
ing. Fl. Andreescu
ing. Iulia Forje
ing. Al. Forje*)

The Possibility to Use the Resonance Method for Investigating Discrete Microstructural Changes

(Condesed from the paper in romanian)

When studying the properties of metallic materials used for the construction of power equipment, the use of dynamic investigation methods is becoming quite widespread worldwide since they help to outline and register discrete microstructure changes which in their turn alter the properties of these materials.

The microstructural changes can affect certain physical and mechanic factors (static or dynamic mechanical stresses, temperature, radiations, etc.) or by internal influences (residual tensions, phase precipitations, relaxation, etc.). These influential factors having sometimes a cummulated effect — under certain circumstances — determine an energy transfer at the level of the crystalline lattice engendering either its storage or its disposal in the environment. The storage, i.e. the energy removal from the crystalline lattice of metallic materials can alter some properties like the yield strength, hardness, electric conductivity, the elasticity module, the damping factor, etc.

Thus, during a plastic deforming process, the hardness of the material suffers some changes within relatively reduced limits while the electric conductivity changes itself as well but its variation is very small. But there exist some properties oscillating within very large limits, e.g. the internal friction. Applying to a pure aluminium sample a 1% deforming degree, the internal friction changes by about 500%. The most sensitive methods to study the properties depending on the microstructure are the dynamic (energetic) ones which help determine : the propagation speed of mechanic waves, the elasticity module and the logarithmic decrement as a value which characterizes the internal friction.

These methods help outline some discrete changes connected to the recrystallization, quenching and annealing process, the precipitation process of some new phases, the tension state variation, etc. The changes to be noticed within the microstructure of some parts belonging to a nuclear reactor, parts exposed for a long time to radiation.

This paper presents the dynamic determination principles of the longitudinal elasticity module, of the vibrations propagation speed and of the internal friction. The audiofrequency installation performed and some experimental results are presented too.

Cvasilongitudinal or bending stresses can be caused in all solid bodies by exciting own oscillations. The resonance curves of ferromagnetic alloys**), non-ferrous alloys, ceramic or plastic materials, glass, wood, etc. can be analyzed thus.

The corresponding dimensional samples having a constant section along their entire length are excited for own cvasilongitudinal or bending oscillations by some electromagnet excitation systems. A corresponding reception system regi ters the own oscillations, so that after a sufficient amplific tion the oscillation frequency is measured with an electron counter.

The excitation of the samples can be achieved with v rious procedures, thus : mechanic (by shock), electromagneti electrostatic, electrodynamic ones, such ones with turb currents, piezoelectric ones while the oscillation can be regi tered by visual, mechanic, acoustic, photoelectric, electr magnetic, electrostatic or piezoelectric procedures. When fe romagnetic materials are used the oscillations can be succes fully registered by electromagnetic methods. The use electromagnetic transducers provides powerful oscillation well outlines resonance curves and simplifies the oscill tions excitation and reception installation.

For the case of a longitudinal sample excitation both i ends are axially connected to two electromagnetic transdı cers — one for excitation and another one for receptio When the sample is crossexcited, then the two electroma netic transducers are placed radially at the sample end The transducers are fixed on supports and they can be move along, across and vertically and they can be also rotated as to enable a correct positioning versus the sample. The a gap between the sample and the transducers should not l too small since then the danger of touching during the tes is quite high and this could engender false measured value

Within the University of Brașov an audiofrequency inst lation was performed and used for a series of studies abo microstructural changes occuring under different circun stances.

The installation which helps to determine the longitudin elasticity module and its internal friction by analyzing fo ced cvasilongitudinal or bending vibrations (the resonan method) of the samples is shown in Fig. 5 and 6.

Sample *1* is held by the rapid locking system *2*. The magn tic excitation transducer *3* and the electromagnetic receptı transducer *4* can be moved along the support *5* to enable correct positioning versus the sample. All the equipme parts are connected to the alternative stabilized volta source *6*. The supply voltage stabilization is absolutely cor pulsory in order to avoid the obtaining of inaccurate inform tion due to the network voltage oscillations.

A versatester IEMI, *7*, is used as frequency generato This device can operate as generator and as frequency a voltage meter as well. The generated voltage frequency c be continuously alternated but since the output signal pow is low, it needs an amplification.

The audiofrequency amplifier *8* has two channels. O of them amplifies the signal obtained from generator *7*. Tl amplified signal is applied to the excitation transducer The electric oscillations cause electric waves in the samp locked in the nodes of its own oscillation which propaga inside it. At the other end of the sample there is the electı magnetic transducer *4* which senses these mechanical oscil tions.

The sample vibrations will have a maximum amplitu when the generator voltage frequency will coincide wi the own sample oscillations frequency, a phenomenon occ ring with resonance. The reception transducer signal is amp fied on the second channel of amplifier *8* and is transm ted further to the terminals of the universal counte in order to determine the frequency with an error of ± 0.1 I

The received and amplified signal is applied to the inp terminals of versatester *10* which operates as voltage met the voltage having a maximum value when the samp oscillates with resonance.

*) Dr. ing. Vasile Luca și ing. Florin Andreescu sînt cadre didactice la Universitatea din Brașov ; ing. Iulia Forje și ing. Alexandru Forje sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

**) The case of highly thermal and mechanic stressed materials in tl mal power plants and nuclear plants.

The two signals obtained from the amplifier are compared to in oscilloscope *11*. Thus the own oscillation frequency can be well-defined by using the voltage comparison method according to Lissajous figures.

Some tests carried out with these installation gave information about the cast iron solidification phenomena, i.e. graphite inclusions form and dispersion. The experimental results supported by a digital computer resulted in regression curves indicating several dependencies between the longitudinal elasticity module, the cross elasticity module, the internal frequency and the tensile strength /6/.

Since heat treatments, like the thermal stress relieving [1], softening, graphitization as well as quenching and tempering of cast iron parts have been studied also from the point of view of elastic properties changing. The obtained results showed that the installation can be also used for testing of finite parts [4].

Useful information for appreciating internal residual tensions within the parts can also be obtained by studying the elastic properties of the materials. On the occasion of several researches carried out in this field it has been proved that during certain conditions mechanic stress relieving at welded joints is an efficient and economic procedure [5].

The paper also presents some experimental results for the natural cast iron stress relieving, a process which has been studied on this installation as well.

By measurements at different long time durations of the longitudinal elasticity module and of the logarithmic cast iron decrement, it can be seen that the elasticity module increases while the logarithmic value decreases with time. Eight months after casting the longitudinal elasticity module reaches a maximum value after which he remains practically constant. During the studies there have been carried out measurements on six grey cast iron samples and all showed increases of the elasticity module ranging between 420 and 630 N/mm^2. Fig. 7 shows the elasticity module variation in a grey cast iron sample.

The decrease of the logarithmic decrement shown in Fig. 8 is in accordance with the elasticity module increase. These variations are due to the structure relaxation in time, i.e. the natural stress relieving of cast iron. It is well-known that cast irons generally and grey cast irons especially after solidification suffer important internal tensions. Therefore, important parts needing a dimensional constancy have to suffer either a natural stress relieving or a heat treatment.

The resonance method enables the survey of such discrete changes, i.e. the survey of some processes impossibly or difficultly to survey by other methods. This method also serves to study processes like : recrystallization, phase transformations, tensions state variations, superficial or intercrystalline corrosion, etc.

Expunere de motive

În cercetarea proprietăţilor materialelor metalice utilizate în construcţia echipamentelor energetice, se impune din ce în ce mai mult pe plan mondial utilizarea metodelor dinamice de investigare, cu ajutorul cărora pot fi evidenţiate şi înregistrate transformări discrete ale microstructurii, acestea determinînd modificări ale proprietăţilor materialelor respective.

Modificările microstructurale care afectează anumite proprietăţi fizico-mecanice ale materialelor pot fi generate de anumţi factori influenţi exteriori (solicitări mecanice, statice sau dinamice, temperatură, radiaţii etc.) sau de influenţe interioare (tensiuni reziduale, precipitări de faze, relaxare etc.). Aceşti factori influenţi, care uneori acţionează cumultat, determină în anumite condiţii un transfer de energie la nivelul reţelei cristaline, producîndu-se fie o stocare a acesteia, fie eliminarea ei în mediul înconjurător. Stocarea, respectiv eliminarea de energie din reţeaua cristalină a materialelor metalice va afecta unele proprietăţi, ca : rezistenţa la rupere, duritatea, conductibilitatea electrică, modulul de elasticitate, factorul de amortizare etc.

Spre exemplu, în timpul unui proces de deformare plastică, duritatea materialului se modifică în limite relativ reduse, iar conductibilitatea electrică se modifică şi ea, dar variaţia acesteia este foarte mică. Există însă unele proprietăţi care variază în limite mult mai largi, spre exemplu frecarea internă. Aplicînd unei epruvete din aluminiu pur un grad de deformare de 1%, frecarea internă se modifică cu circa 500%*). Cele mai sensibile metode de cercetare a proprietăţilor dependente de microstructură sînt cele dinamice (energetice), cu ajutorul cărora pot fi determinate: viteza de propagare a undelor mecanice, modulul de elasticitate şi decrementul logaritmic ca mărimi ce caracterizează frecarea internă.

Cu ajutorul acestor metode pot fi puse în evidenţă unele transformări discrete legate de: procesul de recristalizare, de călire şi revenire, procesul de precipitare a unor noi faze, variaţia stării de tensiune etc. Pot fi studiate transformările ce se înregistrează în microstructura unor piese care intră în componenţa unui reactor nuclear, piese ce se află un timp îndelungat sub acţiunea radiaţiilor.

În lucrarea de faţă sînt prezentate principiile determinării pe cale dinamică a modulului de elasticitate longitudinal, a vitezei de propagare a vibraţiilor şi a frecării interne. De asemenea este prezentată instalaţia de audiofrecvenţă realizată, precum şi cîteva rezultate experimentale obţinute [9].

1. Determinarea proprietăţilor elastice ale materialelor cu ajutorul vibraţiilor cvasilongitudinale forţate

Se consideră o epruvetă în formă de bară cu secţiune constantă, supusă la vibraţii cvasilongitudinale întreţinute de o forţă perturbatoare, armonică, în sistem de amortizare vîscoasă. În acest caz mişcarea punctelor materiale poate fi exprimată cu aproximaţie de ecuaţia mişcării punctului material :

$$m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + R_m\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + kx = F_{max}\cos\omega t, \qquad (1)$$

*) Este evident, prin acest aspect semnalat, faptul că efectele de modificare a proprietăţilor masei în interacţie cu impurile de energie nu sînt liniare, şi în consecinţă nu se poate pune problema să se mai accepte predicţia conform căreia compunerea cîmpurilor de energie se realizează prin simplă superpoziţie, respectiv compunere vectorială elementară [7], [8].

în care

m este masa punctului material;
R_m — rezistența mecanică a sistemului;
k — rigiditatea sistemului;
x — deplasarea.

Se notează:

$$\beta = \frac{R_m}{2m} \text{ — factorul de amortizare;} \quad (2)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ — pulsația proprie a sistemului;} \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \text{ — pseudopulsația.} \quad (4)$$

Soluția ecuației (1) cuprinde două părți: componenta liberă și componenta forțată, adică;

$$x = X_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi) + X \sin(\omega t - \varphi), \quad (5)$$

unde

$$X = \frac{F_{max}}{\sqrt{R^2 + \left(m - \frac{k}{\omega}\right)^2}} \quad (6)$$

reprezintă amplitudinea vibrațiilor forțate, iar

$$\varphi = \text{arc tg} \frac{m\omega - \frac{k}{\omega}}{R_m} \quad (7)$$

este diferența de fază dintre forța perturbatoare și viteza oscilațiilor.

Atunci cînd frecvența forței perturbatoare variază, amplitudinea deplasării trece printr-un maxim, determinat prin anularea derivatei întîi a funcției $x = X \sin(\omega t - \varphi)$ în raport cu ω. Se obține:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}, \quad (8)$$

iar amplitudinea maximă este:

$$X_{max} = \frac{F_{max}}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} = \frac{F_{max}}{R_m \omega} \quad (9)$$

În aceste condiții apare fenomenul de rezonanță.

Dacă amortizarea sistemului este mică, termenul $2\beta^2$ din relația (8) poate fi neglijat și fenomenul de rezonanță se produce cînd frecvența forței perturbatoare coincide cu frecvența proprie a sistemului (epruvetei), adică atunci cînd $\omega = \omega_0$, sau $f = f_0 = f_r$ (f_r — frecvența de rezonanță).

Rezonanța poate fi evidențiată de aparate electroacustice, iar frecvența proprie de oscilație a sistemului poate fi măsurată. Din teoria vibrațiilor se cunosc relațiile care leagă între ele frecvența de rezonanță, viteza de propagare a sunetului și modulul de elasticitate, pentru cazul barelor din material omogen și izotrop. În cazul vibrațiilor cvasilongitudinale, pentru armonica fundamentală

$$frl = \frac{V_l}{2l}, \quad (10)$$

unde:

V_l este viteza de propagare a vibrațiilor cvasilongitudinale;
l — lungimea barei (epruvetei).

Pentru armonicile superioare, expresia frecvenței de rezonanță este:

$$frlm = \frac{nV_l}{2l} \quad (11)$$

unde n este numărul de ordine al armonicii.

Cunoscînd legătura postulată dintre viteza de propagare a undelor cvasilongitudinale V_l, modulul de elasticitate longitudinal E și densitatea ρ:

$$V_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (12)$$

rezultă:

$$frlm = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Pentru determinarea modulului de elasticitate cu ajutorul vibrațiilor cvasilongitudinale forțate ce se propagă printr-o epruvetă cu secțiune constantă, fixată într-un nod și liberă la ambele capete, se va folosi relația:

$$E = \frac{4l^2\rho}{n^2} frlm \quad (13)$$

Relația (13) s-a obținut în ipoteza că orice secțiune plană a barei rămîne plană și în timpul vibrației și că tensiunile sînt distribuite uniform pe secțiune*). Acest lucru este valabil pentru epruvete cu orice secțiune transversală cu condiția ca raportul dintre lungimea l și diametrul d (la epruvete cilindrice) să prezinte valori ridicate. Dacă raportul $\frac{l}{d} < 18$, apar perturbații în propagarea undelor, frecvența de rezonanță fiind afectată de coeficientul lui

*) S-au impus aceste condiții simplificatoare întrucît, în caz contrar, operația de modelare matematică ar conduce la expresii pe care astăzi nu avem posibilitatea să le rezolvăm avînd în vedere instrumentul matematic pe care l-am putea avea la dispoziție; implicit, limitarea este impusă și de performanțele mașinilor de calcul create pînă în prezent.

Poisson, μ. În acest caz este necesar să se introducă un factor de corecţie (corecţia Rayleigh)

$$K_{ln} = 1 + n^2 \frac{\pi^2}{8} \mu \frac{d^2}{l^2} \qquad (14)$$

În acest caz modulul de elasticitate va fi determinat cu relaţia:

$$E_{cor} = E \cdot K_{ln} \qquad (15)$$

2. Determinarea proprietăţilor elastice ale materialelor cu ajutorul vibraţiilor de încovoiere forţate

Se consideră o epruvetă în formă de bară de lungime l, cu secţiunea constantă, supusă la vibraţii de încovoiere. Ecuaţia care exprimă mişcarea epruvetei (fig. 1) derivă din considerarea forţelor ce acţionează asupra secţiunii transversale aflate la distanţa x de capătul O al barei.

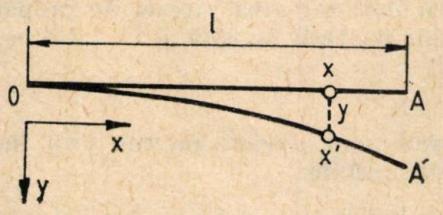


Fig. 1. Schema deformării epruvetei supusă la vibraţii de încovoiere.

Fig. 1. Sample deformation diagram after bending vibrations stress.

Axa OA a barei este încovoiată de forţe transversale, astfel încît punctul A este deplasat în A', iar punctul x în x'. Deplasarea transversală a punctului x în x' este notată cu y.

Se presupune că bara este neîncărcată cu forţe uniform repartizate pe lungime şi că vibraţiile au o amplitudine suficient de mică pentru a putea neglija efectele torsionale, precum şi că se aplică teoria simplă a încovoierii. În aceste condiţii, momentul de încovoiere M şi forţa tăietoare F sînt date de relaţiile:

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \qquad (16)$$

$$F = \frac{dM}{dx}, \qquad (17)$$

unde cu I s-a notat momentul de inerţie al secţiunii transversale.

Considerînd un element mic al epruvetei în vecinătatea punctului x, avînd lungimea dx, se vor marca forţele tăietoare care acţionează asupra lui (fig. 2).

De la un capăt la celălalt al elementului considerat, forţa tăietoare variază cu cantitatea $\frac{dF}{dx} \partial x$. Masa elementului este $\rho A \, \partial x$, notîndu-se cu ρ densitatea materialului şi cu A — aria secţiunii transversale.

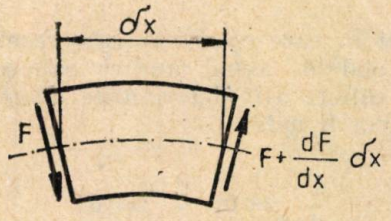


Fig. 2. Schema de încărcare a unui element al epruvetei supuse vibraţiilor de încovoiere.

Fig. 2. Load diagram of a sample part after bending vibrations stress.

Făcîndu-se echilibrul în condiţiile mişcării, se obţine:

$$\frac{dF}{dx} \partial x = - \rho A \, dx \frac{d^2y}{dt^2} \qquad (18)$$

şi utilizînd relaţiile (16) şi (17) rezultă ecuaţia diferenţială a mişcării:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{IE}{A\rho} \frac{d^4y}{dx^4} = 0 \qquad (19)$$

sau, înlocuind cu raza de inerţie $i^2 = \frac{I}{A}$, se obţine:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + i^2 \frac{E}{\rho} \frac{d^4y}{dx^4} = 0 \qquad (20)$$

În cazul în care deformaţia epruvetei se datoreşte unei forţe perturbatoare armonice, se poate admite că şi epruveta oscilează armonic. În această condiţie, pentru ecuaţia (20) se vor căuta soluţii de forma:

$$y = f(x) \cos \omega(t) \qquad (21)$$

Introducînd notaţia:

$$\alpha^4 = \frac{\omega^2 \rho}{E \cdot i^2}, \qquad (22)$$

ecuaţia (20) devine:

$$\alpha^4 y + \frac{d^4y}{dx^4} = 0 \qquad (23)$$

Soluţia ecuaţiei (23) va fi:

$$y = \cos \omega t \, [C_1(\cos \alpha x + \cos h \alpha x) +$$

$$C_2(\cos \alpha x - \cos h \, \alpha x) + C_3(\sin \alpha x + \sin h \alpha x) +$$

$$+ C_4(\sin \alpha x - \sin h \, \alpha x) \qquad (24)$$

În cazul în care epruveta este rezemată în punctele nodale, avînd ambele capete libere, la aceste capete atît deformările cît şi forţele tăietoare vor fi nule:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0, \quad \frac{d^3y}{dx^3} = 0 \qquad (25)$$

Aplicînd condiţiile la $x = 0$ şi la $x = l$, va rezulta:

$$\cos \alpha l \cos h \, \alpha l = 1 \qquad (26)$$

Introducînd notaţia:

$$m = \alpha l, \qquad (27)$$

ecuaţia (26) devine:

$$\cos m \cdot \cos h \, m = 1 \qquad (28)$$

Soluţiile acestei ecuaţii vor fi cu aproximaţie de forma:

$$m_n = \frac{1}{2}(2n + 1)\pi,$$

în care n reprezintă numărul de ordine al armonicii.

Înlocuind (22) în (27) şi avînd în vedere că $\omega = 2\pi f$:

$$\left(\frac{m_n}{l}\right)^4 = \frac{4\pi^2 \rho f_{rin}^2}{Ei^2}, \qquad (29)$$

unde f_{rin} reprezintă frecvenţa de rezonanţă a epruvetei supusă vibraţiilor de încovoiere pe armonica n.

Din ecuaţia (29) poate fi explicitat modulul de elasticitate longitudinal determinat din vibraţiile de încovoiere:

$$E = \frac{4\pi^2 \rho l^4}{m_n^4 i^2} f_{rin} \qquad (30)$$

Considerînd o epruvetă cilindrică, $i = \frac{d}{4}$:

$$E = \frac{64\pi^2}{\left[\frac{1}{2}(2n + 1)\pi\right]^4} \cdot \rho \frac{l^4}{d^2} f_{rin}^2 \qquad (31)$$

Există deci posibilitatea de determinare rapidă a modulului de elasticitate longitudinal dinamic, cunoscînd dimensiunile şi densitatea epruvetei şi determinînd experimental frecvenţa de rezonanţă a acesteia.

Pentru a compensa erorile introduse prin ipotezele simplificatoare folosite la obţinerea ecuaţiei (31), se poate introduce factorul de corecţie $K_{in}^{*)}$. Pentru armonica fundamentală şi pentru cazul unei epruvete cilindrice:

$$K_{t_1} = 1 + \frac{d^2}{l^2}\left(3{,}092 + 0{,}854 \frac{E}{G}\right) -$$

$$- \frac{d^4}{l^4} \cdot 2{,}1725 \frac{E}{G} \qquad (32)$$

În acest caz, modulul de elasticitate longitudinal va fi determinat cu relaţia:

$$E_{cor} = K_{t_1} \cdot E \qquad (33)$$

Pentru determinarea vitezei de propagare a vibraţiilor poate fi folosită şi în acest caz relaţia (12).

3. Determinarea frecării interne prin încercări cu vibraţii forţate

Pentru exprimarea mărimii frecării interne se pot utiliza diferite mărimi şi unităţi de măsură. Dacă se notează cu ΔW energia disipată de epruvetă, considerată într-un ciclu de încărcare, şi cu W energia acumulată de epruvetă în momentul în care se produce deformaţia maximă, din raportul $\Delta W/W$ se obţine pierderea specifică de energie sau amortizarea specifică, ca o măsură a frecării interne, prin metoda directă.

În cazul în care timpul de relaxare este mic, se recomandă utilizarea metodelor indirecte pentru determinarea frecării interne, supunînd epruveta unui ciclu variabil de tensiuni. În cazul vibraţiilor forţate, sub acţiunea unei forţe perturbatoare armonice, în sistem de amortizare vîscoasă, este valabilă ecuaţia diferenţială (1). La rezonanţă, amplitudinea oscilaţiilor va fi dată de relaţia (9).

La măsurarea frecării interne cu ajutorul vibraţiilor forţate, se examinează curba de rezonanţă, din care se determină decrementul logaritmic δ, ca măsură a frecării interne, cu ajutorul relaţiei:

$$\delta = \frac{2\pi\Delta f}{f_r} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{x_{max}}{x}\right)^2 - 1}}, \qquad (34)$$

*) Se are în vedere o rezolvare locală [7], [8].

în care Δf reprezintă variația frecvenței forței perturbatoare, care provoacă micșorarea amplitudinii oscilației la rezonanță X_{max}, pînă la valorile X_1, respectiv X_2.

Amplitudinile X_1 și X_2 se aleg după următoarele criterii:

a) cînd amplitudinile corespund cu jumătatea puterii vibrației la rezonanță:

$$X_1 = X_2 = \frac{X_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707\, X_{max}; \qquad (35)$$

b) cînd amplitudinile ating jumătate din valoarea măsurată la rezonanță:

$$X_1 = X_2 = \frac{X_{max}}{2} = 0{,}5\, X_{max} \qquad (36)$$

Pentru obținerea unei precizii mai mari, se măsoară frecvențele f_1 și f_2 pentru X_1, respectiv X_2, situate în ambele părți ale punctului de rezonanță (fig. 3).

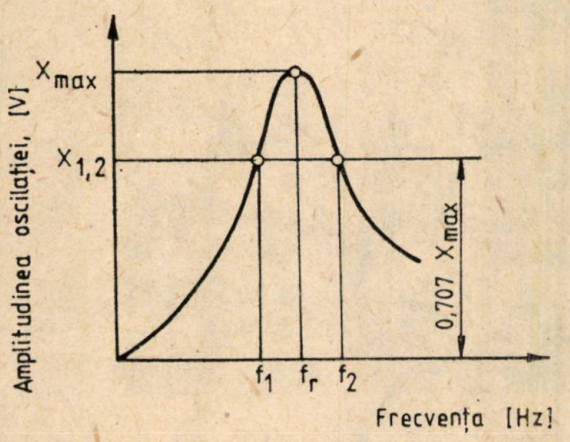


Fig. 3. Curbă de rezonanță.
Fig. 3. Resonance curve.

Relația (34) devine pentru criteriul a):

$$\delta = \frac{\pi \Delta f}{f_r} = \pi \frac{f_2 - f_1}{f_r}$$

și pentru criteriul b):

$$\delta = \frac{\pi \Delta f}{\sqrt{3} f_r} = 1{,}815 \frac{f_2 - f_1}{f_r}$$

Deci cu cît curba de rezonanță va fi mai aplatisată, cu atît frecarea internă va fi mai mare, iar decrementul logaritmic va prezenta valori mai ridicate.

4. Aparatura utilizată

Vibrații cvasilongitudinale sau de încovoiere pot fi produse în toate corpurile solide prin excitarea oscilațiilor proprii. Se pot analiza curbele de rezonanță ale aliajelor feromagnetice*), aliaje neferoase, materiale ceramice sau plastice, sticlă, lemn etc.

Epruvetele dimensionate în mod corespunzător și avînd secțiunea constantă pe întreaga lungime sînt excitate la oscilații proprii cvasilongitudinale sau de încovoiere cu ajutorul unor sisteme de excitare electromagnetice. Cu un sistem de recepție corespunzător se înregistrează oscilația proprie respectivă și, după o amplificare suficientă, frecvența oscilației se măsoară cu un dispozitiv electronic de măsurat.

Excitarea epruvetelor se poate face prin mai multe procedee: mecanice (prin șoc), electromagnetice, electrostatice, electrodinamice, cu curenți turbionari, piezoelectrice, iar înregistrarea oscilațiilor prin procedee: vizuale, mecanice, acustice, fotoelectrice, electromagnetice, electrostatice sau piezoelectrice. În cazul unor materiale feromagnetice, atît excitarea cît și înregistrarea oscilațiilor se pot face cu succes prin metode electromagnetice. Utilizarea traductoarelor electromagnetice asigură obținerea unor oscilații puternice, curbe de rezonanță bine conturate și simplifică instalația de excitare și de recepție a oscilațiilor.

În cazul excitării longitudinale a unei epruvete, la ambele capete ale acesteia se montează axial două traductoare electromagnetice, unul de excitație și altul de recepție. În cazul excitării transversale a epruvetei, cele două traductoare electromagnetice se plasează radial la capetele epruvetei. Traductoarele sînt fixate pe suporturi și pot fi deplasate longitudinal, transversal, vertical și, de asemene, pot fi și rotite, astfel încît să poată fi poziționate corect față de epruvetă. Întrefierul dintre epruvetă și traductoare nu trebuie să fie prea mic, deoarece, în acest caz, există pericolul de atingere în timpul încercărilor, fapt datorită căruia poate să apară o falsificare a valorilor măsurate.

Una dintre cele mai precise instalații de cercetare a proprietăților elastice ale materialelor este „elastomatul", produs de institutul Förster.

În cadrul Universității din Brașov a fost executată o instalație de audiofrecvență cu ajutorul căreia au fost efectuate o serie întreagă de cercetări privind transformările microstructurale ce se produc în diferite condiții.

Instalația realizată, cu ajutorul căreia se pot determina modulul de elasticitate longitudinal și frecarea internă, prin analiza vibrațiilor forțate cvasilongitudinale sau de încovoiere ale epruvetelor (metoda rezonanței), este redată în figurile 5 și 6.

Epruveta *1* este strînsă în sistemul de fixare rapidă *2*. Traductorul electromagnetic de excitare *3* și traductorul electromagnetic de recep-

*) Cazul materialelor înalt solicitate termic și mecanic în centrale termoelectrice și nuclearoelectrice.

ție *4* au posibilitatea de a fi deplasați pe suportul *5*, în vederea poziționării corecte față de epruvetă. Toate aparatele ce intră în compo-

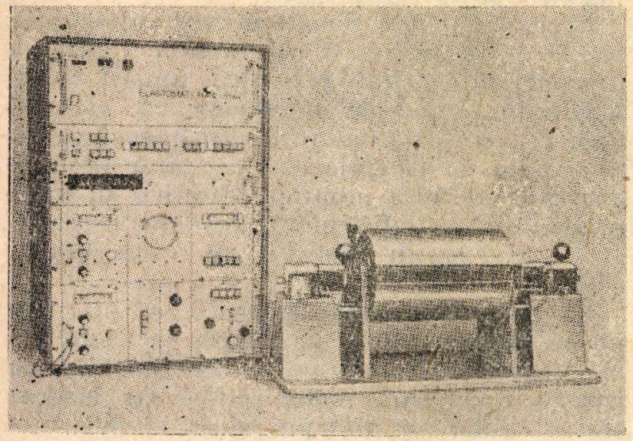


Fig. 4. Elastomatul Förster.

Fig. 4. The Förster elastomate.

nența instalației sînt alimentate de la sursa stabilizată de tensiune alternativă *6*. Stabilizarea tensiunii de alimentare este absolut necesară pentru a se evita obținerea unor informații eronate, datorate fluctuațiilor de tensiune din rețea.

Ca generator de frecvență este folosit un versatester IEMI, *7*. Acest aparat poate lucra și ca generator și ca aparat de măsură a frecvenței, precum și a tensiunii. Frecvența tensiunii generate poate fi variată continuu, dar puterea semnalului de ieșire este mică, fiind necesară o amplificare.

Amplificatorul de audiofrecvență *8* are două canale, unul dintre canale fiind utilizat pentru amplificarea semnalului primit de la generatorul *7*. Semnalul astfel amplificat este aplicat la traductorul de excitare *3*. Oscilațiile electrice produc, în epruveta fixată în nodurile oscilației proprii, unde elastice care se propagă în lungul ei. La capătul opus al epruvetei, tra-

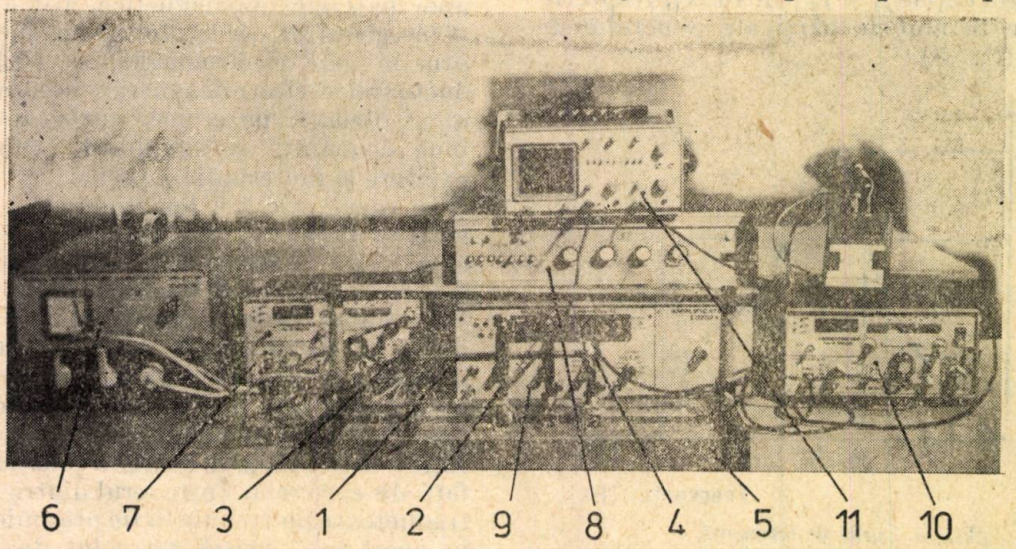
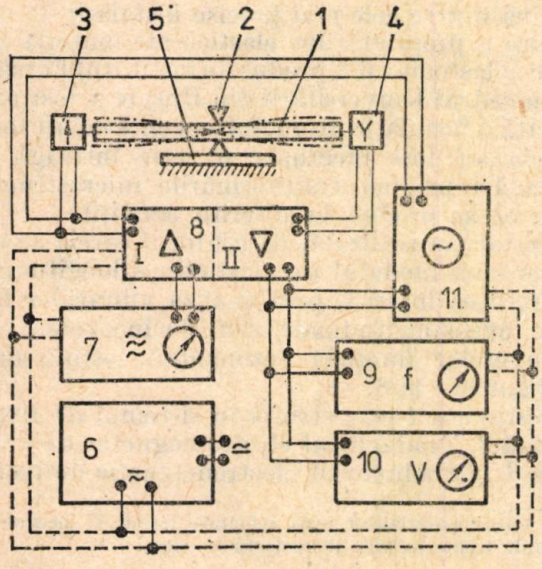


Fig. 5. Instalație de audiofrecvență pentru determinarea proprietăților elastice.

Fig. 5. Audiofrequency installation for determining elastic properties.



ductorul electromagnetic de recepție *4* sesizează aceste oscilații mecanice.

Vibrațiile epruvetei vor avea o amplitudine maximă atunci cînd frecvența tensiunii generatorului va coincide cu frecvența oscilație proprii a epruvetei, ceea ce are loc la rezonanță. Semnalul care ia naștere în traductorul de recepție este amplificat pe al doilea canal al amplificatorului *8* și apoi este aplicat la bornele numărătorului universal *9*, în vederea determinării frecvenței cu o eroare de $\pm$ 0,1 Hz.

Semnalul recepționat și amplificat este aplicat și la bornele de intrare ale versatesterului *10* care de data aceasta lucrează ca aparat pentru măsurarea tensiunii, aceasta prezentînd o va-

Fig. 6. Schema-bloc a instalației de audiofrecvență pentru determinarea proprietăților elastice.

Fig. 6. Block diagram of the audiofrequency installation for determining elastic properties.

loare maximă atunci cînd epruveta oscilează la rezonanţă.

Cele două semnale ieşite din amplificator sînt comparate în osciloscopul *11*. În acest fel poate fi determinată univoc frecvenţa proprie de oscilaţie, prin utilizarea metodei comparării celor două tensiuni după figurile Lissajous.

La instalaţia prezentată în figurile 5 şi 6 au fost utilizate următoarele aparate, toate de fabricaţie românească:

— o sursă stabilizată de tensiune alternativă de 1000 VA, IEMI-4201;

— două versatestere IEMI-I 4201, IEMI-E 0502;

— un amplificator de audiofrecvenţă „Jet-Radiotehnica" cu 2 canale, 2 × 20 W;

— un numărător universal IEMI-E 0202;

— un osciloscop IEMI E-103.

Se recomandă ca încercările pe astfel de instalaţii să se efectueze în încăperi pe cît posibil lipsite de trepidaţii. Suportul care susţine epruveta şi traductoarele trebuie aşezat pe o masă cît mai stabilă, între masă şi suport interpunîndu-se o placă din cauciuc buretos, cu scopul amortizării eventualelor vibraţii transmise din exterior. Întrucît mărimile care se urmăresc sînt dependente şi de temperatură, este necesar ca încercările să se desfăşoare într-un laborator la temperatura de 20—22°C.

5. Rezultate experimentale

În cadrul cercetărilor efectuate cu ajutorul instalaţiei prezentate, au fost studiate unele fenomene privind procesul de solidificare al fontelor, obţinîndu-se informaţii interesante privind forma şi dispersia incluziunilor de grafit.

Pe baza rezultatelor experimentale au putut fi stabilite, cu ajutorul calculatorului numeric, curbe de regresie, indicîndu-se diverse dependenţe ce există între modulul de elasticitate longitudinal, modulul de elasticitate transversal, frecarea internă şi rezistenţa la rupere [6].

De asemenea, au fost studiate şi prin prisma modificării proprietăţilor elastice tratamentele termice de detensionare [1], de înmuiere, de grafitizare, precum şi călirea şi revenirea pieselor din fontă. Pe baza rezultatelor obţinute s-a dovedit că instalaţia prezentată poate fi utilizată şi pentru controlul unor piese finite [4].

Prin studierea proprietăţilor elastice ale materialelor se pot obţine şi informaţii utile, în vederea aprecierii tensiunilor interne reziduale din piese. Cu ocazia unor cercetări efectuate în acest domeniu, s-a pus în evidenţă că în anumite condiţii detensionarea mecanică a îmbinărilor sudate este un procedeu eficient şi economic [5].

În această lucrare se prezintă şi unele rezultate experimentale privind detensionarea naturală a fontelor, proces care a fost studiat cu ajutorul instalaţiei prezentate.

Efectuîndu-se măsurări la intervale mari de timp ale modulului de elasticitate longitudinal şi ale decrementului logaritmic al fontelor, se constată că modulul de elasticitate creşte, iar valoarea decrementului logaritmic scade în timp. La opt luni de la turnare, modulul de

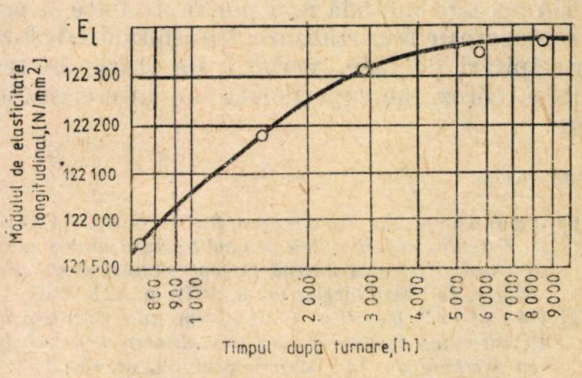


Fig. 7. Variaţia în timp a modulului de elasticitate longitudinal al unei epruvete din fontă cenuşie.

Fig. 7. Time variation of the longitudinal elasticity module of a grey cast iron sample.

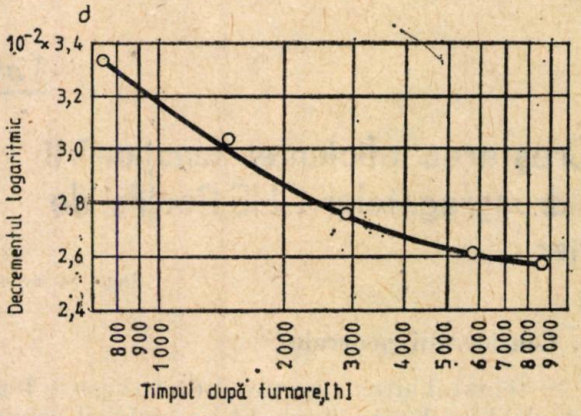


Fig. 8. Variaţia în timp a decrementului logaritmic al unei epruvete din fontă cenuşie.

Fig. 8. Time variation of the logarithmic decrement of a grey cast iron sample.

elasticitate longitudinal atinge o valoare maximă, după care rămîne practic constant. În cadrul cercetărilor au fost efectuate măsurări pe şase epruvete din fonte cenuşii şi la toate s-au înregistrat creşteri ale modulului de elasticitate cuprinse între 420 şi 630 H/mm². În figura 7 este prezentată variaţia modulului de elasticitate al unei epruvete din fontă cenuşie.

Scăderea decrementului logaritmic prezentată în figura 8 se află în concordanţă cu creşterea modulului de elasticitate. Aceste variaţii sînt datorate relaxării structurii în timp, respectiv detensionării naturale a fontelor. Este cunoscut faptul că fontele în general, şi în special fontele cenuşii, prezintă după solidificare importante tensiuni interne. Din această cauză, pieselor de răspundere ce necesită o constantă dimensională li se impune fie o deten-

sionare naturală, fie aplicarea unui tratament termic de detensionare.

Metoda rezonanței permite urmărirea unor astfel de transformări discrete, respectiv urmărirea unor procese care prin alte metode nu pot fi evidențiate decît cu multă dificultate. Prin această metodă mai pot fi studiate și procese legate de recristalizare, transformări de fază, precipitări de faze, variații ale stării de tensiune, coroziune superficială sau intercristalină etc.

Bibliografie

[1] Dâmboiu, E., Tudoran, P., Luca, V., Bidiau, D. *Cercetări experimentale privind legătura dintre microstructură și frecarea internă în fonte cenușii și cu grafit nodular.* În : Metalurgia, nr. 3, 1979, p. 121—126.

[2] Förster, F. *Ein Gerätesystem zur Messung und Registrierung elastischer und anelastischer Eigenschaffen von Werkstoffen.* În : Materialprüfung, nr. 15, 1973, p. 342—344.

[3] Kalisch, A. *Automatische Messung elasticher Werkstoffkenngrössen.* În : Messen und Prüfen, nr. 78910/1973.

[4] Luca, V., Tudoran, P., Dâmboiu, E. *Cercetarea structurii și proprietăților fontelor prin metode dinamice.* Comunicări prezentate la a II-a consfătuire tehnico-științifică „Activitatea de cercetare din laboratoarele uzinale în sprijinul producției," Brașov, 16—17 oct. 1980, p. 183—189.

[5] Luca, V., Andreescu, F., Forje, A. *Detensionarea mecanică a îmbinărilor sudate — procedeu eficient și economic.* În : Energetica, nr. 9, 1981, p. 373—377.

[6] Tudoran, P., Luca, V. *Die Forschung mit Hilfe des Schwingungen der elastischen und mechanischen Eigenschaffen des Graugusses.* Referat la al 7-lea Simpozion internațional de tratamente termice, București 24—26 sept. 1979, vol. I, p. 104—111.

[7] Forje, A., Simionescu, C. L., Pop, M. G. ș.a. *Epuizarea potențialului energetic implicat într-un proces tehnologic industrial — factor esențial în prevenirea poluării.* În : Energetica, nr. 11—12, 1979.

[8] Forje, A. ș.a. *Elemente generice rezultate din experimente pentru formularea unei teorii generale neliniare a energiei.* Simpozionul" Mărirea eficienței energetice a proceselor energetice industriale — necesitate imediată. "Pitești, 4—5 mai 1982.

[9] Ursu, I. *La résonance paramagnétique électronique.* Dunod, Paris, 1968.

(Articol intrat în redacție la 10 mai 1982)

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

Creșterea eficienței funcționării hidroagregatelor CHE Porțile de Fier I

Ing. S. Dedu*)

1. Considerații generale

Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier I este amplasat pe sectorul comun româno-iugoslav al Dunării, în zona localităților Gura Văii — Sip, la km 942—950. Acest sistem are în componența sa două centrale hidroelectrice — centrala română și centrala iugoslavă — echipată fiecare cu cîte șase hidroagregate cu caracteristici identice.

Fiecare centrală are o putere instalată proiectată de 1050 MW și o producție de energie electrică, în anul hidrologic mediu, de 5,75 miliarde kWh, pentru regimul de funcționare cu cota de retență la gura rîului Nera de 69,50 m dMA. Producția de energie a celor două centrale reprezintă 27,5% din întregul potențial tehnic amenajabil al fluviului Dunărea și circa 80% din potențialul comun româno-iugoslav.

Debitul mediu al Dunării în zona obiectivului este de 5 520 m³/s, avînd variații (înregistrate pe o perioadă de 140 de ani de observații) între valoarea minimă de 1450 m³/s și maximă de 15 900 m³/s.

Debitul instalat însumat al celor două centrale este de 8 530 m³/s. Perioada de deversare este în medie de circa 1000 ore/an.

Căderea centralelor variază, în funcție de debitul Dunării, între 17,5 și 35,46 m.

Hidroagregatul este echipat cu turbină Kaplan verticală, cu șase pale, avînd diametrul rotorului de 9,5 m, turația nominală de 71,5 rot/min, căderea de calcul de 27,16 m, puterea nominală (la cupla turbinei) de 178 MW și randamentul maxim de 94%. Puterea nominală a hidroagregatului, măsurată la bornele generatorului, este de 175 MW. Generatorul are puterea aparentă de 190 MVA și tensiunea nominală de 15,75 kV. Generatorul este legat cu transformatorul de putere al blocului de 190 MVA — 15,75/220 kV.

2. Puterea garantată a hidroagregatului

Puterea unui hidroagregat de la CHE Porțile de Fier I (măsurată la bornele generatorului), garantată de furnizorii turbinelor (LMZ Leningrad și I.C.M.-Reșița), precum și puterea totală a centralei române, este o funcție de căderea netă și are valorile indicate în tabelul 1 și în figura 1 (curba *a*).

Din tabelul 1 se constată că puterea garantată a hidroagregatului are o valoare constantă de 175 MW, în diapazonul căderilor nete cuprinse între căderea maximă, de 35,46 m și căderea de calcul a turbinei, de 27,16 m.

Puterea de 175 MW reprezintă și puterea nominală a hidroagregatului.

*) Ing. Stelian Dedu lucrează la Întreprinderea Electrocentrale Porțile de Fier.

Tabelul 1

Căderea netă, m	35,46	27,16	21,6	17,5
Puterea garantată a unui hidroagregat, măsurată la bornele generatorului, MW	175	175	138	96
Debitul unei turbine, m^3/s	542	711	711	618
Deschiderea între paletele aparatului director (*a*), după încercările pe model, mm	428	590	650	665
Unghiul optim al palelor rotorului, după încercările pe model, grade	+5,7	+12,4	+12,7	+9,1
Puterea garantată a centralei MW	1050	1050	828	576

la aparatul director, cît şi la rotor, chiar şi la căderea minimă de exploatare (17,5 m).

Puterea garantată a hidroagregatului, indicată în tabelul 1, este determinată de puterea garantată a turbinei, întrucît hidrogeneratorul şi transformatorul de putere al blocului suportă o sarcină maximă de lungă durată de 190 MW, la factorul de putere egal cu unitatea şi la tensiunea nominală la bornele generatorului (15,75 kV), independent de căderea centralei, conform garanţiei fabricilor furnizoare. Această putere este reprezentată în figura 1 prin linia *b*.

Rezultă că puterea garantată a generatorului este cu 15 MW mai mare decît puterea garantată a turbinei, la căderea de calcul (27,16 m) şi la căderi peste căderea de calcul. La căderi sub căderea de calcul, diferenţa dintre puterea maximă a generatorului şi puterea maximă garantată a turbinei creşte corespunzător.

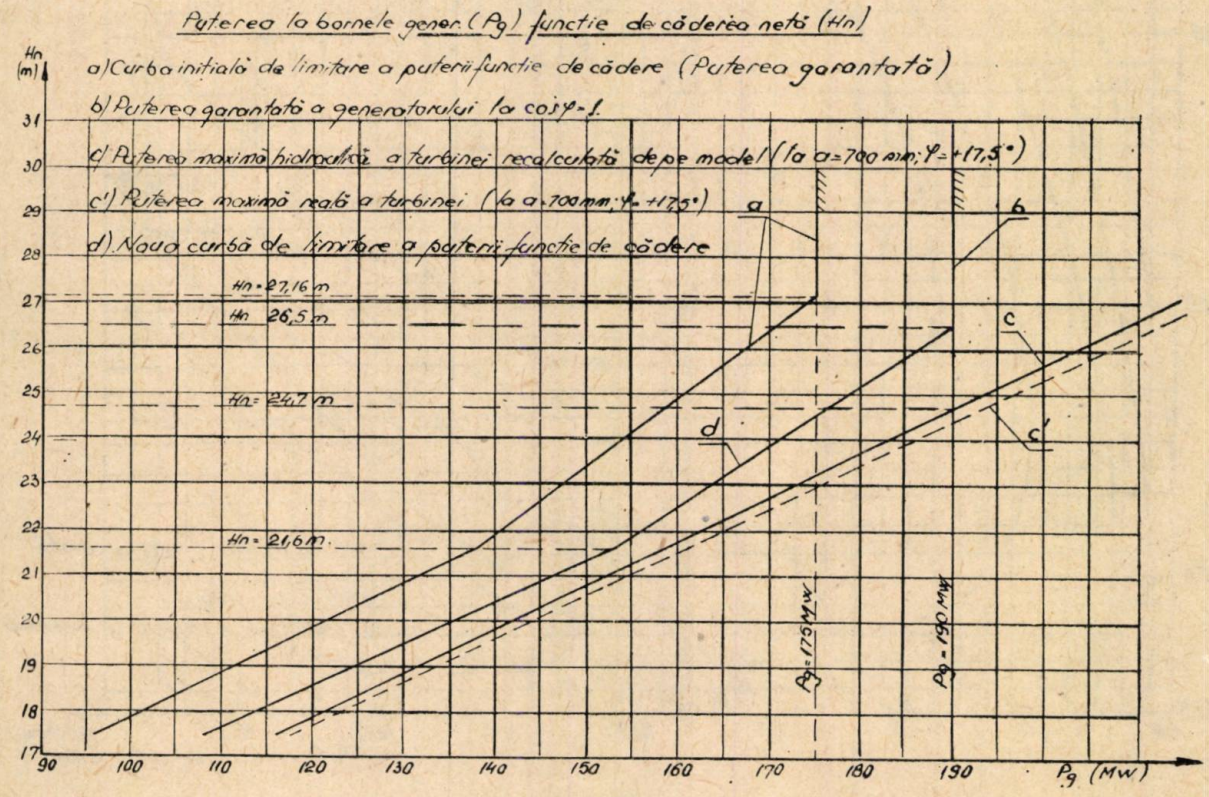


Fig. 1

La căderi sub căderea de calcul, pînă la căderea minimă de exploatare (17,5 m) puterea garantată scade liniar la valorile indicate în tabelul 1 şi în figura 1 (curba *a*).

Deschiderea maximă (constructivă) a aparatului director este de 700 mm între palete, iar unghiul palelor rotorului variază de la unghiul minim de $-10°$ la unghiul maxim de $+17,5°$.

Se observă din tabelul 1 că puterea garantată a hidroagregatului se obţine la deschideri inferioare deschiderilor maxime constructive, atît

3. Puterea hidraulică maximă a turbinei după încercările energetice pe model

În exploatare s-a constatat că prin deschiderea suplimentară a aparatului director şi a palelor rotorului, peste valorile prezentate în tabelul 1, creşte puterea turbinei peste valorile garantate.

În scopul determinării puterii maxime hidraulice a turbinei funcţie de cădere, caracteristica de exploatare a turbinei dată de fabrică (puterea la cupla turbinei în funcţie de cădere

și randament) s-a extins în afara limitelor garantate, pînă la valorile maxime ale deschiderii aparatului director ($a = 700$ mm) și ale unghiului palelor rotorului ($\varphi = +17{,}5°$), pe baza încercărilor energetice pe un model cu diametrul de 460 mm.

În figura 2 este dată caracteristica de exploatare a turbinei, extinsă în afara limitelor garantate ale puterii la cupla turbinei.

Dacă s-ar funcționa cu hidroagregatul pe curba puterii maxime hidraulice a turbinei, respectiv la deschiderile maxime ale aparatului director și ale rotorului, dar numai pînă la limita puterii maxime admise a generatorului (respectiv 190 MW, la cos $\varphi = 1$), s-ar obține sporurile de putere, față de puterile garantate, în funcție de cădere, prezentate în tabelul 2.

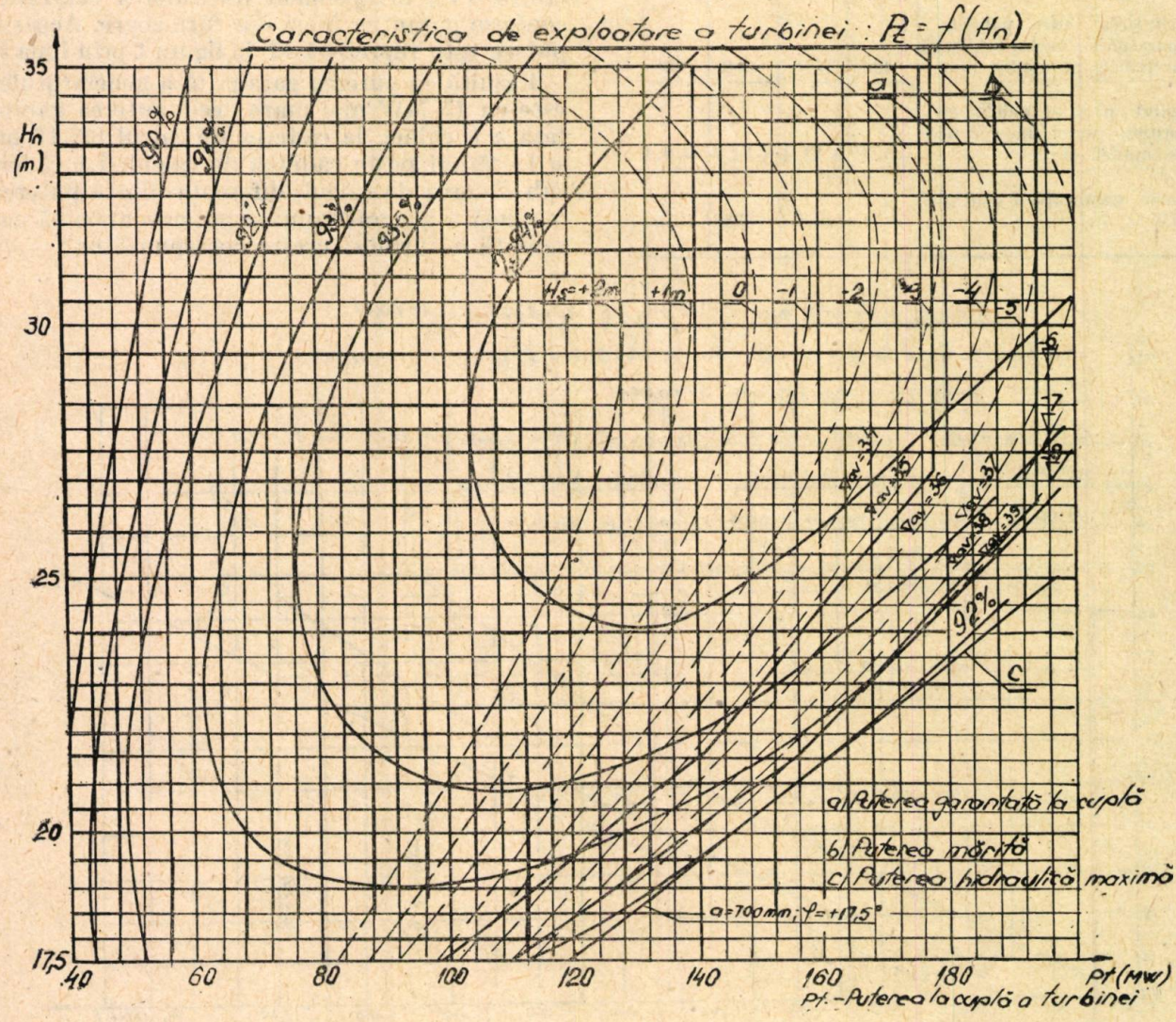


Fig. 2

Pentru trecerea de la puterea la cupla turbinei, la puterea la bornele generatorului, s-a utilizat curba randamentelor garantate ale generatorului, dată în figura 3.

Din încercările energetice pe model a rezultat că puterea maximă hidraulică a turbinei se obține la deschiderea maximă a aparatului director ($a = 700$ mm) și la unghiul maxim al palelor rotorului ($\varphi = +17{,}5°$), în tot diapazonul de variație a căderii nete.

Curba puterii maxime hidraulice a turbinei în funcție de cădere (măsurată la bornele generatorului) este trasată în figura 1 (curba *c*).

Din tabelul 2 rezultă că puterea maximă h draulică a turbinei, de 190 MW, se obține pîn la căderea netă minimă de 24,7 m, iar putere nominală de, 175 MW, se poate obține pînă l căderea minimă de 23,3 m (față de căderea c calcul de 27,16 m).

Rezerva de putere a turbinei față de put rea garantată variază, în funcție de cădere, c la minimum 15 MW pe un hidroagregat, re pectiv 90 MW pe centrală (la căderi peste 27 m pînă la maximum 31 MW pe un hidroagrega

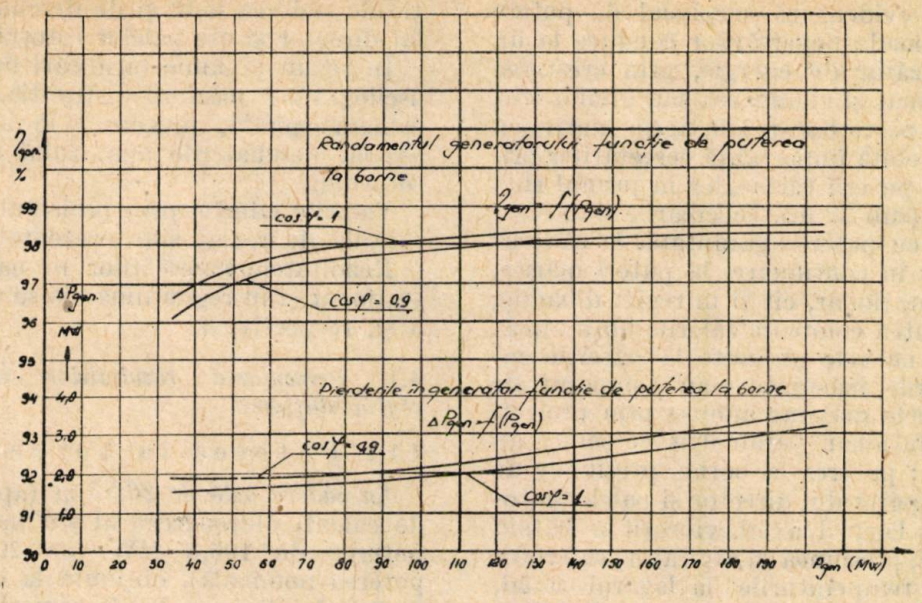


Fig. 3

Tabelul 2

Căderea netă, m	35,46	27,16	24,7	23,3	21,6	17,5
Puterea maximă a unui hidroagregat, măsurată la bornele generatorului, MW	190	190	190	175	158	116
Sporul de putere pe un hidroagregat față de puterea garantată, MW	15	15	31	26	20	20
Sporul de putere pe centrală (6 hidroagregate), MW	90	90	186	156	120	120
Debitul unei turbine la puterea maximă, m^3/s	590	780	872	860	843	799

respectiv 186 MW pe centrală, la căderea netă le 24,7 m.

. Cercetări în natură privind posibilitățile și radul de utilizare a rezervei de putere a turbine-or

Utilizarea rezervei de putere a turbinelor, este puterea garantată, menționată la pct. 2, ste posibilă numai cu îndeplinirea condițiilor e siguranță în funcționare a hidroagregatelor. ceste condiții sînt date în anexa 1.

În scopul verificării condițiilor menționate n anexa 1, s-au efectuat încercări în natură la ăderi apropiate de căderea de calcul (27,16 m) la căderi sub 25 m.

Căderile nete sub 25 m se obțin în perioadele e ape mari ale Dunării, cînd debitele afluente epășesc debitul instalat (garantat) al celor ouă centrale (română și iugoslavă), iar surplu-ul de apă se pierde prin deversare peste baraj.

Variația căderii nete în funcție de debitul Dunării și de regimul de exploatare al lacului de acumulare se dă în figura 4.

Rezerva de putere, la aceste căderi de deversare, variază de la 31 la 20 MW pe o turbină, respectiv de la 186 la 120 MW pe centrala

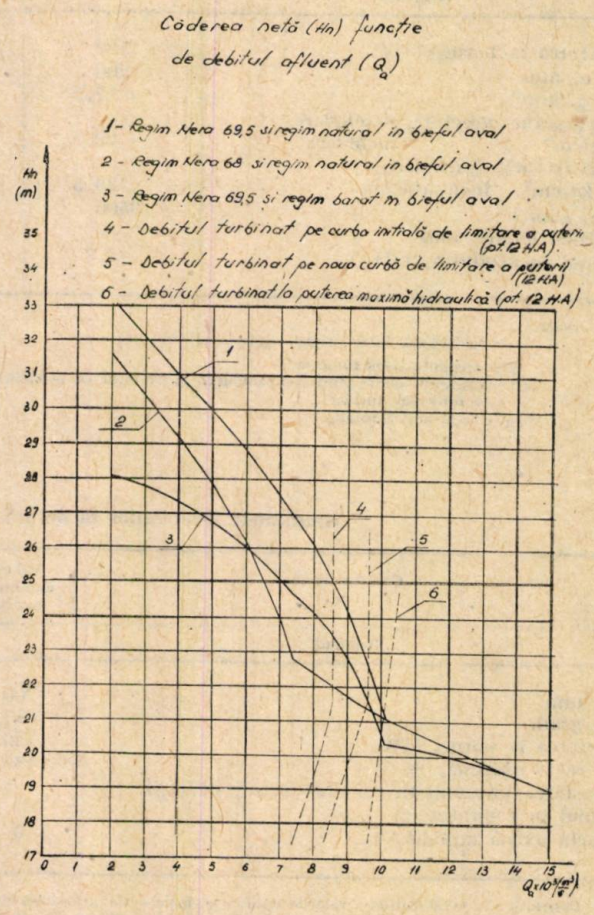


Fig. 4

română. Este evident că surplusul de putere obținut în perioada deversărilor conduce la un spor corespunzător de energie, prin creșterea debitului turbinat și eliminarea sau diminuarea celui deversat peste baraj. Din acest motiv s-a acordat o deosebită importanță cercetărilor privind creșterea puterii turbinelor în primul rînd la căderi mici (sub 25 m). Încercările s-au efectuat începînd cu puterea garantată, la căderea respectivă, iar în continuare, la puteri mărite, atît în regim staționar, cît și în regim dinamic, pentru a se putea compara valorile obținute la puteri mărite cu cele obținute la puterile garantate. Valorile măsurate s-au comparat de asemenea cu cele maxime admise prin proiect.

În regim staționar parametrii cercetați au fost următorii: puterea la borne, presiunile de acționare ale aparatului director și palelor rotorului, forța pe lagărul axial, vibrațiile la bătaia axului turbinei, presiunea în aspirator, sub rotorul turbinei, temperaturile la lagărul axial, lagărele radiale și la etanșarea arborelui turbinei. Acești parametri s-au determinat în funcție de căderea netă și de deschiderile aparatului director și ale palelor rotorului.

În regim dinamic (aruncări de sarcină) s-au oscilografiat mărimile: turația, presiunea în camera spirală, presiunea în aspirator, forța axială, deschiderile aparatului director și ale rotorului.

Valorile admise prin proiectul turbinei și garanțiile de reglaj sînt prezentate în anexa 2.

Rezultatele încercărilor în natură în regim staționar și în regim dinamic se dau în tabelele 3 și, respectiv, 4.

4.1. *Prezentarea rezultatelor încercărilor în regim staționar*

4.1.1. Puterea la borne

La cădere netă de 26,95 m (apropiată de cea de calcul) hidroagregatul s-a încărcat pînă la puterea de 195,5 MW (cu 20,5 MW peste puterea nominală), obținută la o deschidere a aparatului director de 655 mm și la un unghi a rotorului de 14,8°, valori inferioare deschideri-

Tabelul

Rezultatele încercărilor în natură în regim staționar

Căderea netă, m	Valori maxime admise	21,6		24,7		27,16	26,95
Regimul		garantat	mărit	garantat	mărit	garantat	mărit
Puterea la borne, MW	190	138	160,6	159	178,7	175	195,5
a, mm	700	628	700	620	670	611	655
φ, grade	+17,5	+12,4	+17,5	+12,4	+15,4	+12,1	+14,8
Δg (aparat director), deschidere		+0,5	−7	+2	−3,2	+2,3	−2
kg/cm² închidere	29,5	−5	−14	−4,6	−11	−2,7	−8
ΔB (rotor), deschidere		+7,5	+11,5	+10,9	+12,7	+14,6	+16,4
kg/cm² închidere	29,5	−14,9	−14,5	−14,0	−12,2	−12,9	−11,6
$F_{ax.max}$, t	3500	2190	2210	2240	2230	2400	2420
Bătaia axială, mm	—	0,28	0,28	0,41	0,38	0,30	0,30
Vidul în aspirator, mH_2O	−7,3	−1	−1,5	−3,5	−5	−0,45	−0,50

Notă:
a — deschiderea între paletele aparatului director;
φ — unghiul palelor rotorului;
ΔP — diferența dintre presiunea uleiului de pe circuitul de deschidere și presiunea de pe circuitul de închidere al servmotoarelor aparatului directo și rotorului turbinei;
F_{ax} — forța axială totală.

Tabelul

Rezultatele încercărilor în natură în regim dinamic (aruncări de sarcină)

Căderea netă, m	Valori maxime admise	22,3		24,55	24,44	27,25	26,5
Regimul		garantat	mărit	garantat	mărit	garantat	mărit
a, mm	700	611	630	607	641	583	620
φ, grade	+17,5	+11	+13,3	+12,9	+15,9	+12,7	+15,7
Puterea la borne, MW	190	143	155	158	174,5	174,5	190,4
Turația maximă, %	146	137,4	140	139,1	140,4	140,5	142,3
Creșterea presiunii în camera spirală, m H_2O	5	3,8	2,7	3,2	3,7	3,5	3,9
Vidul în aspirator, m	−7,3	−1	−1,5	−3,9	−5,3	−5,2	−6
Forța axială minimă, t	0	270	270	220	230	270	330

Observație: În tabel sînt date valorile stabilizate înainte de aruncarea de sarcină pentru: deschiderea aparatului director (a), unghiul rotorului (φ), puter la borne, și valorile extreme realizate în procesul aruncării de sarcină pentru: turație, creșterea presiunii în camera spirală, vidul în aspirator (s rotorul turbinei), forța axială minimă.

lor maxime. Rezultă că turbina mai are o rezervă de putere peste valoarea de 195,5 MW.

În timpul încercărilor nu s-a crescut puterea peste această valoare din motive de siguranţă.

La căderea netă de 21,6 m s-au efectuat măsurători de putere complete, adică pînă la deschiderile maxime ($a = 700$ mm şi $\varphi = +17{,}5°$). Puterea obţinută la deschiderile maxime este de 160,6 MW, faţă de puterea garantată de 138 MW. Sporul de putere obţinut este de 22,6 MW pe un hidroagregat. Trebuie precizat că la deschiderile maxime nu se funcţionează pe relaţia combinatorie optimă, dar în perioada deversărilor contează surplusul de putere obţinut şi nu randamentul turbinei. Astfel, dacă s-ar funcţina cu $a = 700$ mm, dar pe relaţia combinatorie optimă, adică cu $\varphi = +15°$, în loc de $+17{,}5°$, s-ar pierde o putere de circa 5,5 MW pe un hidroagregat.

Dacă se compară puterea maximă realizată (160,6 MW) la căderea de 21,6 m, cu puterea maximă rezultată din încercările energetice pe model la aceeaşi cădere (158 MW), rezultă că puterea reală a turbinei este cu 2,6 MW mai mare. Aceasta atestă performanţele tehnice ale turbinelor şi gradul de precizie ridicat al încercărilor energetice pe model.

4.1.2. Presiunea de acţionare a servomotoarelor aparatului director şi a rotorului turbinei

Din tabelul 3 se observă că diferenţa dintre presiunea uleiului de pe circuitul de deschidere şi cea de pe circuitul de închidere este sub 14 atm, la aparatul director, şi sub 16,4 atm, la rotor, atît în regimurile garantate, cît şi în cele cu putere mărită, faţă de presiunea minimă admisă în instalaţia de ulei sub presiune, de 29,5 atm.

Momentul hidraulic acţionează la închiderea aparatului director pînă la deschiderea: $a = 610$ mm, iar peste această valoare acţionează la deschidere.

4.1.3. Forţa axială

Se constată că forţa axială se menţine practic constantă în regimurile garantate şi în cele cu putere mărită, prezentînd doar o uşoară creştere în funcţie de cădere.

Forţa axială reprezintă 63% din forţa maximă admisă, la căderea de 21,6 m, şi 69%, la căderea de 27 m.

4.1.4. Vibraţiile şi bătaia axului

S-au măsurat vibraţiile verticale pe suportul lagărului axial (capacul turbinei); acestea nu au depăşit valoarea de 64 μ nici în regimurile garantate, nici în cele cu putere mărită.

Furnizorul turbinei nu indică o valoare maximă admisă a vibraţiilor, iar furnizorul generatorului indică valoarea de 180 μ. Prevederile STAS privind vibraţiile se dau în anexa 2. Se observă că vibraţiile la puteri mărite se încadrează în zona „foarte bine".

Pentru bătaia axului turbinei nu sînt valori normate, aceasta încadrîndu-se în jocul radial al lagărului turbinei. Acest joc poate atinge valori de 0,6—0,9 mm pe diametru. Se constată că la puteri mărite bătaia axului nu creşte faţă de valoarea obţinută la puterea garantată. De altfel, s-a observat că bătaia axului creşte la puterea minimă sau la mersul în gol al turbinei.

4.1.5. Vidul în aspirator (sub rotorul turbinei)

În regimurile cu puteri mărite vidul în aspirator este mai mare decît în regimurile garantate, cum era şi de aşteptat, ca urmare a creşterii debitului turbinei, dar se menţine sub valoarea maximă admisă prin proiect.

Temperaturile lagărelor hidroagregatului, practic, nu sînt influenţate de regimurile de funcţionare cu puteri mărite.

4.1.6. Rezultatele încercărilor în regim dinamic (tabelul 4)

Turaţia maximă de ambalare realizată a fost de 142,3%, la descărcarea puterii de 190,4 MW, valoare situată sub turaţia maximă admisă prin garanţiile de reglaj, egală cu 146%. Se precizează că aruncările de sarcină de la valorile mărite ale puterii s-au făcut păstrînd reglajele iniţiale ale cursei sertarului principal, indicate de fabrica furnizoare, respectiv ale vitezei de închidere a aparatului director.

Creşterea presiunii în camera spirală la aruncări de sarcină de la puterile mărite este sub 4 m, faţă de valoarea maximă admisă prin proiect, de 5 m.

Vidul în aspirator maxim realizat este de 6 mH_2O, valoare situată sub cea maximă admisă, de 7,3 H_2O.

Forţa axială minimă realizată în procesul descărcării de la puterile mărite nu se situează sub valorile realizate la descărcările de la puterile garantate . Întrucît această forţă are o valoare mai mare decît zero (220—330 t), se preîntîmpină fenomenul de ridicare a părţii rotitoare a hidroagregatului de pe lagărul axial.

Pe baza rezultatelor încercărilor în natură, prezentate mai sus, proiectantul turbinei (LMZ Leningrad) a avizat creşterea puterii la cupla turbinei, în funcţie de căderea netă, la valorile date în topograma din figura 2 (curba *b*). Ţinînd seama de pierderile în generator, în figura 1 s-a trasat noua curbă de limitare a puterii la borne (curba *d*). Se constată că puterile mărite ale hidroagregatului pe noua curbă de limitare a puterii coincid practic cu puterile de încercare de la care s-au făcut aruncările de sarcină (tabelul 4).

Se precizează că proiectantul turbinei a verificat eforturile mecanice la rotor, la arbore şi la sistemele de acţionare ale turbinei ce apar

la puteri mărite şi a constatat că aceste eforturi se încadrează în valorile admise.

De asemenea, s-au verificat pe un model Ø 250 mm caracteristicile cavitaţionale ale turbinei în zona puterilor mărite. În acest sens s-a completat caracteristica de exploatare a turbinei, prezentată în figura 2, cu valorile înălţimii de aspiraţie (H), respectiv cu nivelurile minime admise ale apei în bieful aval şi în zona puterilor mărite.

Din figura 2 se constată că la căderi sub 26,5 m, pînă la 21,6 m, în cazul funcţionării pe noua curbă de limitare a puterii, trebuie asigurat, din condiţii de cavitaţie, nivelul minim în bieful aval de 39,00 m dMA. La căderi peste 26,5 m nivelul minim necesar în bieful aval scade de la 39,00 pînă la 36,0 m dMA.

La căderi sub 21,6 m, nivelul minim necesar scade de asemenea sub 39,00 m dMA. Nivelurile minime menţionate se pot asigura practic fără restricţie în exploatare. După punerea în funcţiune a CHF Porţile de Fier II, se ridică retenţia în bieful aval la CHE Porţile de Fier I la cota minimă de 41,00 m dMA, îmbunătăţindu-se astfel înălţimile de aspiraţie.

5. Utilizarea optimă a sporului de putere şi eficienţă economică

Puterile mărite la bornele generatorului în funcţie de cădere pe noua curbă de limitare a puterii, precum şi sporurile de putere pe un hidroagregat şi pe centrala română se dau în tabelul 5.

Din tabelul 5 rezultă că pe noua curbă de limitare a puterii se obţine un spor de putere pe centrală ce variază, în funcţie de cădere, între 72 şi 115,8 MW.

Tabelul 5

Căderea netă, m		35,46	26,5	24,7	21,6	17,5
Puterea mărită, MW		190	190	176,5	153	108
Puterea garantată, MW		175	170,7	159	138	96
Sporul de putere, MW	pe un grup	15	19,3	17,5	15	12
	pe centrală	90	115,8	105	90	72
Rezerva de putere neutilizată	pe un grup	0	0	13,5	7,6	8
	pe centrală	0	0	81	45,6	48

Faţă de puterea maximă a turbinei, hidroagregatele mai au o rezervă de putere neutilizată la căderea de 24,7 m şi sub această cădere, ce variază între 45,6 şi 81 MW, pe centrală.

Posibilitatea utilizării şi a acestei rezerve va putea constitui obiectul unor cercetări ulterioare pe baza experienţei în exploatare ce se obţine la funcţionarea hidroagregatelor pe noua curbă de limitare a puterii.

Sporul de putere obţinut la CHE Porţile de Fier conduce, pe de o parte, la creşterea producţiei de energie electrică de vîrf cu circa 114 milioane kWh/an, iar, pe de altă parte, la creşterea producţiei totale de energie prin reducerea deversărilor. Într-adevăr, prin creşterea puterii de la vechea curbă de limitare a puterii pe noua curbă, debitul maxim al turbinei creşte de la 711 la 800 m³/s (fig. 5), iar debitul instalat în cele două centrale (română şi iugoslavă) creşte de la 8530 la 9600 m³/s.

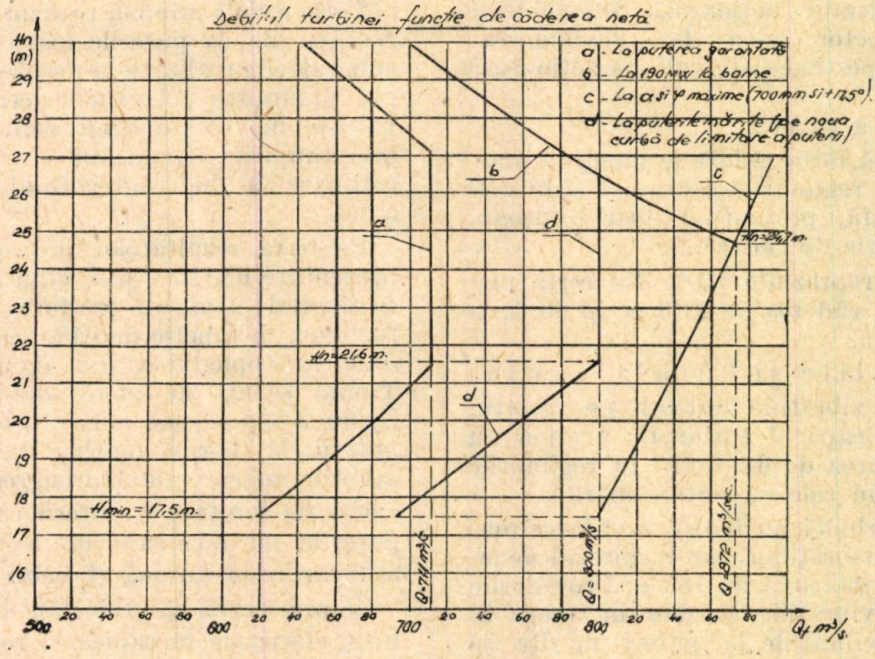


Fig. 5

Din curba de durată a debitelor Dunării (fig. 6) se observă că prin creşterea debitului instalat în cele două centrale scade durata deversărilor de la 1000 la 620 ore an, iar volumul total al deversărilor scade cu circa 40%.

Creşterea producţiei de energie electrică prin reducerea deversărilor în centrala română a fost în medie de 133 milioane kWh/an, începînd din anul 1976 (cînd s-a trecut la funcţionarea cu putere mărită) şi pînă în prezent.

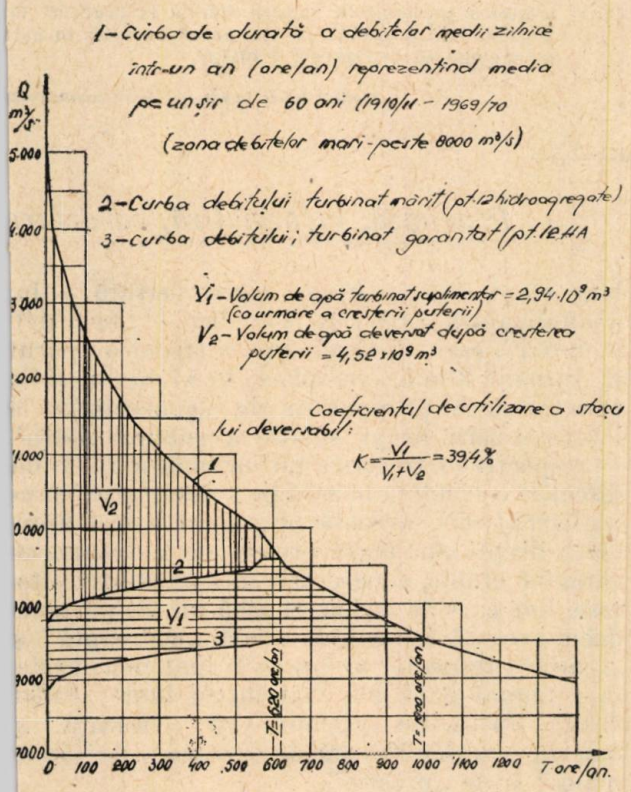


Fig. 6

oncluzii

1. Din încercările energetice pe model a reultat că turbina de la CHE Porţile de Fier I oate dezvolta o putere mai mare decît puterea arantată în funcţie de cădere, avînd valorile axime conform curbei *c* din figura 1.

2. Din încercările energetice în natură (pînă puterea maximă admisă de generator) a ezultat că rezerva reală de putere a turbinei încadrează în limitele celei recalculate din ncercările pe model, chiar cu o uşoară depăşire acesteia.

3. Puterile mărite, la care s-au făcut încerările complexe în natură inclusiv aruncările e sarcină, au depăşit puterile garantate cu alori cuprinse între 15 şi 19,3 MW pe un hidroregat, la căderi cuprinse între 21,6 şi 27,2 m. a aceste puteri mărite, încercările complexe au atestat îndeplinirea condiţiilor privind siguanţa în exploatarea a hidroagregatelor, menonate în anexa 1, la poz. 1—5. Condiţia 6 (nefuncţionarea în zone de cavitaţie periculoasă) s-a verificat pe baza încercărilor cavitaţionale pe model. Condiţia 7 (nedepăşirea eforturilor mecanice admise la rotor, arbore, sisteme de acţionare) este atestată de proiectantul turbinei.

4. Prin funcţionarea pe noua curbă de limitare a puterii centrala română realizează :
- un spor mediu de putere disponibilă de 94 MW ;
- o producţie suplimentară de energie de vîrf de circa 114 milioane kWh/an, prin diminuarea corespunzătoare a energiei de bază ;
- o producţie suplimentară de energie, în medie de 133 milioane kWh pe an, prin reducerea deversărilor, ca urmare a creşterii debitului instalat.

5. Faţă de noua curbă de limitare a puterii, turbina mai are o rezervă de putere neutilizată, care va face în viitor obiectul unor cercetări suplimentare.

6. Începînd din iunie 1976 s-a trecut la funcţionarea cu puteri mărite, hidroagregatele avînd o comportare normală.

ANEXA 1

CONDIŢII

ce trebuie îndeplinite pentru creşterea puterii hidroagregatelor peste valorile garantate

1) Servomotoarele de acţionare ale aparatului director şi ale palelor rotorului turbinei trebuie să aibă o cursă de rezervă, care să permită creşterea deschiderii aparatului director şi a unghiului palelor rotorului peste valorile corespunzătoare puterii garantate.

2) Prin creşterea suplimentară a deschiderii aparatului director şi a unghiului palelor rotorului trebuie să se obţină un spor de putere, faţă de puterile garantate.

3) Presiunea de acţionare a servomotoarelor aparatului director şi a palelor rotorului trebuie să fie suficientă pentru deschiderea şi închiderea acestora la valorile mărite ale curselor.

4) Nu trebuie să se depăşească valorile admise pentru :
- vibraţiile hidroagregatului ;
- bătaia axului ;
- forţa axială şi, implicit, presiunea pe lagărul axial ;
- temperaturile la lagăre şi etanşarea arborelui turbinei.

5) La aruncări de sarcină, de la valorile mărite ale puterii, trebuie să nu se depăşească valorile admise pentru :
- turaţia hidroagregatului ;
- presiunea în camera spirală ;
- vidul în aspirator, pentru evitarea loviturii de berbec inverse ;
- forţa hidraulică inversă (ca urmare a fenomenului de plutire), pentru evitarea fenomenului de ridicare a hidroagregatului de pe lagărul axial.

6) Nu trebuie să se funcţioneze în zone cu cavitaţie periculoasă.

7) Nu trebuie să se depăşească eforturile mecanice admise la palele, butucul, arborele şi sistemele de acţionare ale turbinei, în cazul depăşirii puterii nominale a acesteia.

8) Trebuie să existe acordul proiectantului turbinei pentru depăşirea puterii garantate.

La generator, precum şi la transformatorul de putere al hidroagregatului nu se pun condiţii, în cazul în care nu se depăşeşte puterea nominală a acestora.

ANEXA 2

PARAMETRII

admiși prin proiect și garanțiile de reglaj ale turbinei

- Forța totală pe lagărul axial : max. 3500 t
- Vidul în aspirator (sub rotor) : max. 7,3 mH_2
- Vibrațiile admise ale generatorului (indicate de furnizor) : 180 μ
- Prevederile STAS privind zonele vibrațiilor la hidroagregate :
  - zona „foarte bine" pînă la 70 μ
  - zona „bine" pînă la 130 μ
  - zona „satisfăcător" pînă la 180 μ
- Presiunile de acționare ale aparatului director și palelor rotorului turbinei : max. 40 kg/cm^2, min. 29,5 kg/cm^2
- Temperaturile maxime admise :
  - lagărul axial 80°C
  - lagărul radial generator 80°C
  - lagărul radial turbină 70°C
  - etanșarea arborelui turbinei 50°C
- Garanțiile de reglaj ale turbinei sînt :
  - turația maximă la închiderea aparatului director prin regulatorul de viteză 146 %
  - turația maximă la închiderea aparatului director prin sertarul de avarie 170 %
  - hidroagregatul suportă o turație de 250 % pe o perioadă de 30 min fără deformații periculoase
  - creșterea presiunii în camera spirală la aruncări de sarcină, față de presiunea staționară (la mers în gol) nu trebuie să depășească 5 mH_2O.

(Articol intrat în redacție la 19 martie 1982)

Prognoză, informatică, conducere

Impactul informatizării asupra managementului

Dr. ec. ing. **Adrian D. Popescu***)

Informatizarea constituie unul dintre aspectele importante ale societății științifice a viitorului care urmează să preia ștafeta dezvoltării de la societatea industrială, ca efect al revoluției științifico-tehnice contemporane.

Procesul de transformare a informației în acțiune este de fapt însuși procesul de luare a deciziei, ceea ce este sinonim cu activitatea de management sau, mai bine spus, sistemul managerial este mai presus de toate un sistem informațional-decizional.

Calculatorul electronic constituie o prelungire tehnică a spiritului uman care-l hrănește, el fiind chemat să „ușureze" activitatea intelectuală a oamenilor și nicidecum să „preia" această activitate.

Într-adevăr, în luna octombrie a.c. s-a acordat premiul Nobel pentru medicină al anului 1980 pentru a răsplăti „descoperiri privind modul în care creierul tratează informațiile din mediul exterior". S-a acordat astfel 1/2 din premiu unui american de origine canadiană, Hubel, și unui suedez, Wiesel, ale căror descoperiri „au demonstrat *că de fapt creierul uman nu funcționează ca un computer*".

La sfîrșitul aceleiași luni a avut loc în Mexic, la Cancun, reuniunea la nivel înalt a 22 de țări (8 industrializate, 10 în curs de dezvoltare și 4 membre O.P.E.C.). La întrunire s-au dezbătut probleme ale lichidării subdezvoltării. Una dintre soluții este aceea preconizată în lucrarea larg răspîndită și foarte controversată a lui Jean-Jacques Servan-Schreiber — „Le déf mondial", care, la finele anului trecut a apărut în aproape 2 mil. exemplare, în 17 limbi, și în care se face propunerea de „generalizare a informatizării drept soluție a subdezvoltării" — respectiv de trecere a țărilor rămase în urmă direct la societatea bazată pe „cunoștințe" și pe „informatică". Această propunere a fost apreciată drept „un mare proiect de redresare cu caracter utopic, concretizat într-un studiu pitoresc, dar care ar trebui să aibă un alt partener decît această lume industrială „nedreaptă" și „cinică", respectiv ar putea fi luat în considerare numai dacă am trăi într-o lume „rațională", lipsită de „zgomot" și „violență" și mai cu seamă eliberată de „teamă", de „minciună" și de „prostie".

Este incontestabil că „intrăm în era creșteri exponențiale" a puterii calculatoarelor, însoțită de miniaturizarea și prăbușirea costului lor ceea ce permite o utilizare de masă a acestor și o irigare a întregii societăți, așa cum astăz se întîmplă cu electricitatea. Specialiștii spun „a se informatiza sau a pieri" sau „informatizarea reprezintă o activitate obligatorie în timpul de față".

În acest context, managerul nu împărtășește însă, încă nici azi, și nu numai la noi în țară dar și în țările foarte industrializate, entuziasmul informaticienilor la întîlnirea între sistemul informatic și sistemul decizional. În principal aceasta se datorește faptului că ordinatorul nu este capabil să sesizeze ce se dorește de la el fără să i se dea instrucțiuni precise și exhaustive. Nu poate să colaboreze cu utilizatorul decît cerîndu-i acestuia să-și adaptez limbajul și modul de gîndire la rutinele sale. Într-adevăr, dacă managerul știe numai parțial ce dorește, are o imagine incomplet asupra răspunsului pe care-l vrea de la calcu

*) Dr. ec. ing. Adrian D. Popescu lucrează la ICPE — ICSIT — IE — MIMUEE.

lator, deci nu poate să formuleze logic și limpede problema, calculatorul nu-l poate ajuta.

Perspectiva însă nu prea îndepărtată, care prevestește calculatoare mai rapide și mai inteligente, vizează în același timp calculatoare „din ce în ce mai prietenoase", cu alte cuvinte capabile să interacționeze cu oamenii într-o manieră cît mai apropiată de modul în care comunică ființele umane. Perfecționările tehnologice vor primi un puternic impuls și de la computerele cu cristal biologic, al căror sistem de memorie va copia lanțul genetic. În acest mod, calculatoarele vor fi, în gîndire și funcționare, atît de aproape de creierul uman, încît vor putea răspunde la întrebări în același mod în care ar face-o acesta.

Modificările substanțiale preconizate să se producă în electronică vor avea un impact important și în comunicații. Pînă acum comunicația electronică s-a adaptat felului de comunicație tradițional: voce, imagine și grafice. De acum înainte electronica este chemată să realizeze o comunicare totală. Către mijlocul decadei a IX-a a secolului nostru este foarte probabil că va deveni posibilă transmisia simultană și instantanee a vocii, a imaginii și a graficelor (documente și desene). Aceasta va conduce la situația în care oamenii din diferite locuri de pe fața pămîntului se văd unul pe altul, vorbesc direct unul cu celălalt și, dacă e necesar, chiar citesc același raport, același grafic, simultan, fără să fie nevoie să-și părăsească biroul sau chiar stînd acasă. Drept consecință, deplasările vor fi din ce în ce mai puțin necesare, din ce în ce mai mult managerii vor fi în stare să se întîlnească „în persoană" fără să fie nevoie să se miște personal. O tot atît de importantă schimbare va fi și faptul că transportul hîrtiei tipărite va putea fi înlocuit cu transmisia electronică, care va deveni canalul cel mai important pentru transmiterea informației. Se pare că obstacolele rămase nu mai sînt nici de natură tehnică, nici economică, ci legală și politică.

Se apreciază că, spre sfîrșitul viitorilor 15 ani, cercetările privind inteligența mașinilor vor permite fabricarea unor calculatoare electronice personale, care „vor stoca know-how-ul personal" și vor fi capabile să dea instrucțiuni detaliate managerului, care le va întreba „cum îmi rezolv această problemă?". „Calculatorul personal" va fi probabil atît de mic, încît va putea fi ținut în palmă. Astăzi deja se experimentează terminale portabile care comunică cu altele prin raze infraroșii. Cum capacitatea unor asemenea dispozitive devine din ce în ce mai importantă, ele vor fi capabile să localizeze o foarte mare parte din sistemul de dosare al managerului, fiind puse la zi, periodic, prin telefon. Aceasta ridică întrebarea „dacă se poate realiza un calculator care să pună în buzunarul managerului dosarele sale, de ce să se mai ducă la birou?". Realizarea depinde în principal de posibilitatea industriei de semiconductori și de calculatoare — care va fi din ce în ce mai greu să fie separate — de a crește capacitatea și viteza componentelor miniaturizate. În aceste condiții se preconizează că informația, comunicarea și gîndirea vor constitui enzimele societății informatizate a viitorului, dotată cu calculatoare electronice, semiconductori, microprocesoare, roboți industriali, transmisie cu fibre optice etc.

Toate acestea constituie unelte evoluate ale managerului viitorului, care vor umple acel „Bag of tools" — de care vorbește Arnold Toybee pentru a defini plastic și lapidar tehnologia — care reprezintă tehnologia modernă a managementului și care se adaugă la unealta de bază, clasică, specifică managerului, caracteristică profesiunii de conducător, și anume decizia.

În figura 1 se evidențiază într-o viziune sistemică *locul sistemului decizional — informațional*, respectiv al sistemului managerial într-o unitate social-economică implantată într-un mediu înconjurător dat.

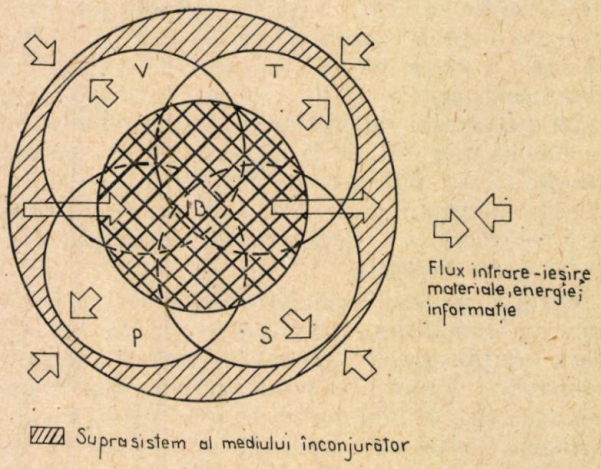


Fig. 1. Sistem unitate social-economică:
V—subsistem scopuri și valori; T—subsistem tehnic; P—subsistem psihosocial; S—subsistem structural; ID—subsistem informațional decizional.

În figura 2 se pun în evidență complexitatea și caracterul ciclic al *procesului decizional* al managerului rațional, care niciodată nu poate să se reducă numai la luarea deciziei, ci trebuie început printr-o analiză a problemelor ce urmează a fi rezolvate prin decizie, pe baza informațiilor pe care le primește decidentul în „feed back" de la locul de desfășurare a acțiunii, fiind condiționat de analiza problemelor potențiale, pe baza informației asupra consecințelor contrare preluate în „feed before", și care subliniază existența elementelor de incertitudine și risc de natură a micșora sau chiar a anula efectul scontat al deciziilor.

Suplimentar, trebuie sublinit rolul crucial al „*valorilor*" în luarea deciziilor, căci procesul de

luare a deciziilor este bazat pe capacitatea de a evalua preferinţele, de a cîntări avantajele şi dezavantajele unui anumit curs al acţiunii.

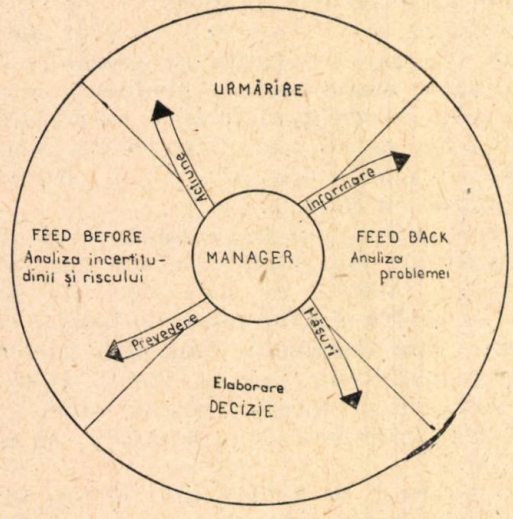


Fig. 2. Proces decizional.

Valorile reprezintă graniţa care separă obiectivitatea de subiectivitate, faptul de judecată, ceea ce „este în realitate" de ceea ce „ar trebui să fie", ştiinţa de etică, ştiinţele exacte de umanism, mijloacele de scopuri şi, după unii, chiar raţionalul de iraţional. Dacă valorile nu ar exista sau nu ar fi cunoscute, cei ce iau decizii nu ar putea alege deliberat între o variantă a acţiunii sau alta. Dar mai cu seamă fără valori nu s-ar putea alege *obiectivele*, *programele* şi *strategiile*.

Un alt concept asociat deciziei din ce în ce mai mult în ultima vreme este *„participarea"*, ceea ce presupune orientare umană, acţiune pozitivă, comportare constructivă. Participarea efectivă dezvoltă înţelegerea problemelor, soluţiile devin mai limpezi, se bucură de un sprijin mai larg, pot fi mai rapid puse în practică, generează mai puţine repercusiuni nedorite, micşorează şansa de conflicte. În afară de participarea la rezolvarea problemelor, este esenţială însă participarea creatoare, care pune accentul pe detectarea adevăratelor probleme, pe perceperea şi formularea lor, nemărginindu-se numai la procesul de rezolvare a problemelor. Însă mecanismul gîndirii colective nu este încă suficient cunoscut şi studiat.

Unde este rolul informatizării în aceste condiţii în sistemele decizionale?

Pentru a răspunde la această întrebare, figura 3 sugerează o modalitate concretă de înţelegere.

Într-adevăr, îngemănarea celor două unelte esenţiale ale managerului: decizia şi calculatorul electronic, unelte importante ale unui manager inteligent, competent şi performant, care dovedeşte aceasta prin faptul că reuşeşte, prin faptul că deciziile lui conduc la succesul unităţii social-economice de care răspunde, ilustrează colaborarea dintre om şi maşină, atunci cînd primul are capacitatea, respectiv cînd ştie

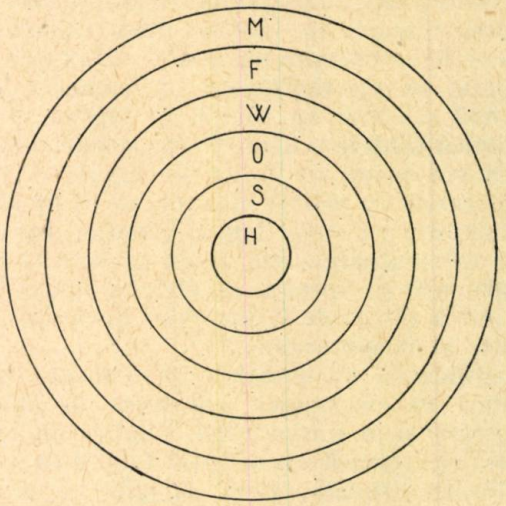


Fig. 3. Decizii cu asistenţa calculatorului electronic. Sistem implicate: M — maneware; F — fineware; W — workware O — orgwara; S — software; H — hardware.

cum să facă apel la tratarea automată a datelor în luarea deciziilor.

Performanţele „intelectuale" ale calculatorului se consideră că au rolul primordial de catalizator de bune decizii, în condiţiile în care nu poate fi implicat în procesul de luare a deciziilor exclusiv *hardware-ul* şi *software-ul*, ci totdeauna trebuie asociat şi *orgware-ul*, respectiv *workware-ul*, adică organizarea şi funcţionarea sistemului, de asemenea *fineware-ul*, cu semnificaţia de folosire a instrumentelor modelării, dar mai cu seamă *manware-ul*, care aminteşte că sistemele informatice sînt create de către oameni şi pentru oameni.

Înaintarea şi escaladarea către întîlnirea plină de rezultate pozitive, între decizie şi informatică, respectiv folosirea inteligentă a celor două unelte — cea clasică şi cea ultramodernă — ale managerului, se arată în figura 4 că trebuie să se facă printr-o abordare dialectică pe o scară în care pe plan orizontal se situează „ordinea", iar pe plan vertical „schimbarea" pentru a evita neajunsurile şi frustrările de azi datorate în principal încercărilor nereuşite care se fac de a informatiza dezordinea.

În tabelul comparativ alăturat se identifică pe baza unui diagnostic de calitate al stadiului actual în care se află conducerea asistată de calculatorul electronic în ţara noastră, criteriile şi condiţiile care conturează schimbările de accent reclamate de impactul informatizării asupra managementului, în viziunea noului mecanism economico-financiar, instrumentat prin autoconducere muncitorească, în care sistemul informaţional azi, informatic mîine, este considerat (fig. 5) înecat în sistemul decizional, care la rîndul lui trebuie considerat înglobat în sistemul operaţional.

Tabel comparativ
CRITERII ŞI CONDIŢII DE CALITATE
privind schimbările reclamate de impactul informatizare — management

		ACCENT	
		Sistem informatic pentru conducere	Sistem de conducere asistat de calculatorul electronic
1	Informatica pentru :	Informatic an	Utilizator
2	Căile de abordare :	Îngustime de perspective, descompunerea problemelor, diviziunea efortului, lipsă de claritate în comunicare, pierderea întregului	Viziune totalizatoare Orizont şi perspectivă Tehnologia sistemelor Integrarea eforturilor
3	Vizează :	Mijloace	Ţeluri — scopuri obiective
4	Se porneşte de la :	Soluţii pentru tehnici (Hard-soft)	Probleme pentru rezolvare
5	Se caută :	Argumente pentru soluţii anticipate	Înţelegerea problemelor
6	Se vrea :	Justificarea mecanismului declanşat şi dezvoltarea tehnicilor	Răspuns la probleme
7	Analiza reprezintă :	Culegerea datelor privind impresii şi opinii	Cercetarea-interpretarea faptelor prin punere de întrebări deranjante
8	Nivelul tratării problemei :	Amatorism	Profesionalism
9	Se urmăreşte ;	Nu permite cunoaşterea deficienţelor de conducere şi organizare	Sesizarea punctelor critice şi analizarea cauzelor aferente
10	Se ia în consideraţie :	Informaţia	Decizia
11	Interesează :	Activitatea	Rezultatul
12	Oamenii implicaţi în sistem lucrează :	Ca indivizi executanţi informaticieni	În echipa interdisciplinară formată din conducere + analişti consultanţi de sistem + specialişti în domeniu + + informaticieni
13	Generarea şi tratarea informaţiilor pe baza :	Ipoteze convenabile înlocuitoare	Identificării deciziilor şi a interdependenţelor dintre ele. Determinării informaţiilor necesare în vederea luării şi aplicării eficiente a deciziilor
14	Se are în vedere :	Fluxul informaţiilor	Funcţia informaţiilor
15	Reclamă informaţii :	Numeroase, rapide Nesistematice Exces de informaţii nesemnificative Redundanţă	Pertinente, concise, concrete, la timp Evaluare-Filtratre informaţii inutile Condensare informaţii utile
16	Asigură coordonarea echipei :	Programator	Analist consultant în conducere şi informatică
17	Legătura cu adevăratele nevoi ale sistemului :	Slabă	Puternică
18	Asigură tranziţia :	Nesatisfăcătoare	Reuşită
19	Verificarea finală a soluţiei :	Programarea	Implementarea
20	Efectul noului sistem asupra individului şi/sau colectivului :	Nu se examinează	Este în atenţie mare
21	Rolul calculatorului electronic :	Operaţii simple : — adunare, scădere, listare, calcul %. Rezolvarea problemelor sub performanţele sale intelectuale	Catalizator de bune decizii
22	Este implicat :	Hardware-Software	Hardware, Software, Orgware, Workware, Fineware, Manware
23	Defineşte prioritar nevoile :	Conducerii tactice şi operaţionale	Conducerii strategice
24	Punctul central în era calculatoarelor îl constituie :	Tratarea informaţiei	Raţionamentul logic Gîndirea interdisciplinară
25	În prealabil presupune :	Îmbunătăţirea sistemului informaţional	Îmbunătăţirea sistemului de conducere Autoconducere Autogestiune

Un asemenea salt calitativ reclamă continuarea cu intensitate crescută a instruirii și perfecționării oamenilor implicați în sistem, pentru a se asigura schimbări efective, nu numai în cunoștințele lor în cea ce știu dar în același timp în atitudini și mentalități, respectiv în ceea ce simt și ceea ce gîndesc, legat de ceea ce știu, dar mai cu seamă în comportamentul lor, în felul cum acționează în concordanță cu ceea ce știu, cu ceea ce simt și cu ceea ce gîndesc (fig.6).

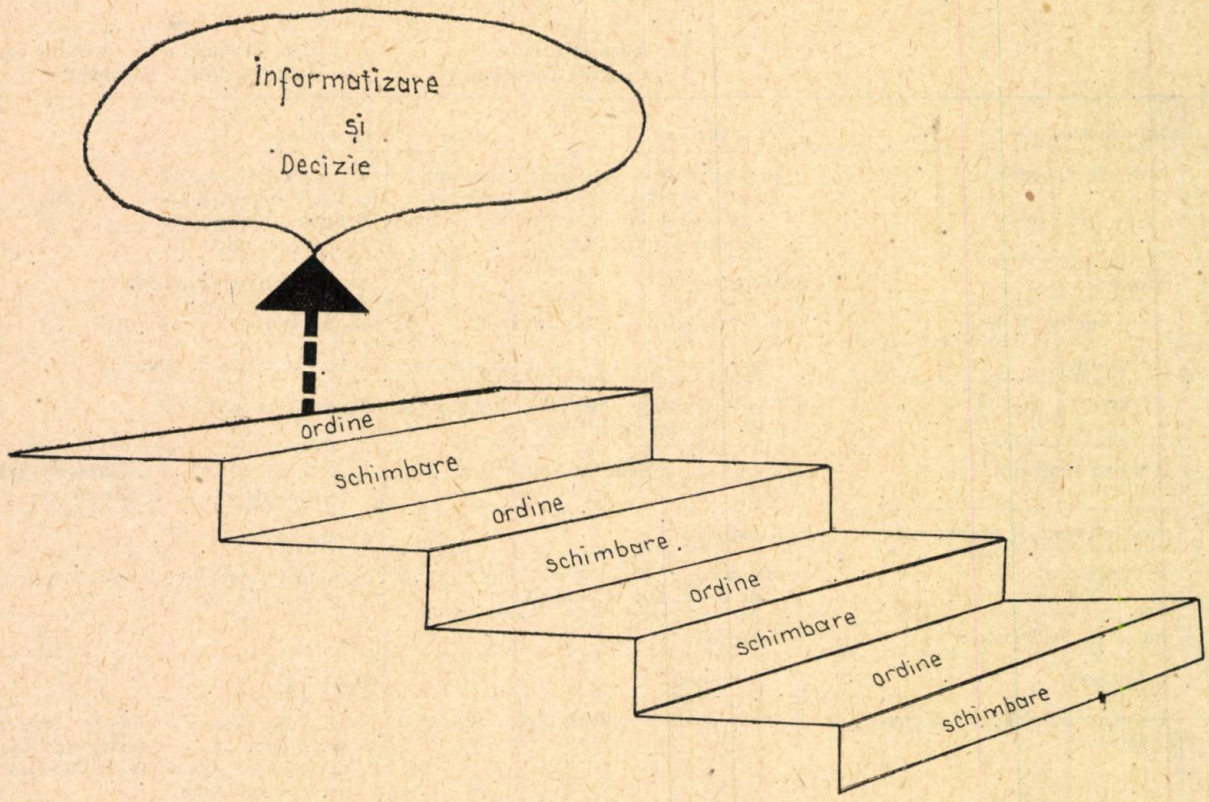


Fig. 4

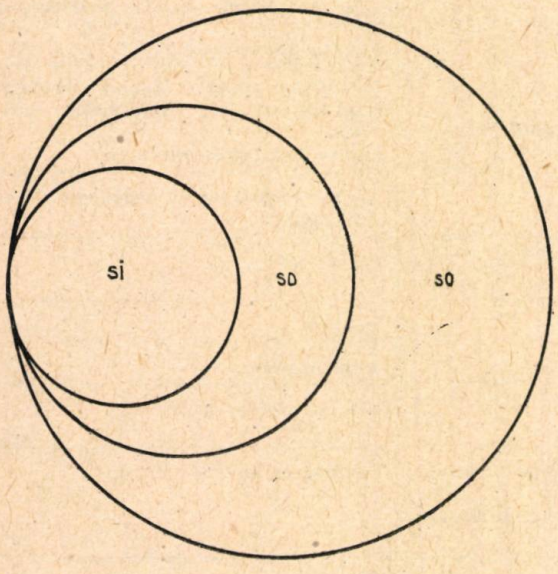


Fig. 5. Relații între: SI — sistem informațional — informatic; SD — sistem decizional; SO — sistem operațional.

Presupune SCHIMBĂRI efective în:	respectiv în CEEA CE
CUNOȘTINȚE	ȘTIU
ATITUDINI	SIMT
MENTALITĂȚI	GÎNDESC
COMPORTAMENT	FAC

Fig. 6. Instruirea și perfecționarea oamenilor muncii implicați în sistem.

În încheiere se impune sublinierea necesității absolute ca, înainte de a recurge la inteligența artificială a programelor de calculator, să se pună în valoare cu intensitate crescîndă inteligența naturală, măsurată de competența și performanța managerilor ce acționează cu eficacitate și eficiență mai cu seamă în amonte de ordinator — respectiv în aval — pentru a realiza o creștere reală a productivității cunoștințelor și astfel a înfăptui ridicarea calității vieții omului, ceea ce constituie de fapt finalitatea deciziilor managerului, precum și contribuția sa esențială la atingerea obiectivului strategic fundamental stabilit de Congresul al XII-lea pentru țara noastră, în etapa actuală, și anume intrarea în rîndul țărilor mediu dezvoltate.

(Articol intrat în redacție la 25 ianuarie 1982)

Politica energetică a unei țări cu intensă folosire a energiei electrice: Norvegia*)

Ing. **P. Cartianu****)

Caracteristici generale

Din punctul de vedere al folosirii energiei electrice, Norvegia se caracterizează pe plan mondial prin cel mai mare consum pe locuitor și pe an, de 20228 kWh în 1979 (tabelul 1), și prin obținerea energiei electrice practic numai pe cale hidraulică, caz unic (Elveția, care a fost timp îndelungat în aceeași situație a trecut la o producție tripartită, cu următoarea repartiție în 1979 :71,0% energie hidroelectrică, 4,3 % energie termoelectrică clasică și 24,7 % energie nuclearoelectrică, ponderea acesteia fiind în creștere).

Tabelul 1

Performanțe energetice și economice ale Norvegiei în 1979

Primele țări mondiale în ceea ce privește:					
Producția totală de energie electrică, TWh		Consumul specific d energie electrică, kWh/loc.		Produsul național brut specific, $/loc.	
1 S.U.A.	2323	1 Norvegia	20228	1 Kuweit	17270
2 U.R.S.S.	1240	2 Canada	13623	2 Qatar	16590
3 Japonia	581	3 Islanda	12746	3 Emiratele Arabe Unite	15590
4 R.F.G.	374	4 Suedia	11424	4 Elveția	14240
5 Canada	352	5 Luxemburg	11085	5 Luxemburg	12820
6 Anglia	350	6 S.U.A.	10669	6 Suedia	11920
7 China	282			7 Danemarca	11900
8 Franța	241			8 R.F.G.	11730
9 Italia	180			9 Belgia	10890
10 Brazilia	123			10 S.U.A.	10820
11 Polonia	117			11 Norvegia	10710
12 India	113				
13 Spania	105				
14 R.D.G.	99				
15 Suedia	94				
16 Australia	92				
17 Norvegia	89				

Electrificarea intensă a avut o participare importantă la atingerea nivelului actual de dezvoltare a Norvegiei, care poate fi sintetizat prin : produs național brut de peste 10 000 $/loc. și an, dintre cele mai mari din lume (tabelul 1), activitate industrială eficientă, echipare modernă pe un teritoriu de 325 000 km² cu o populație activă abia de 4,6 loc./km², creștere normală a populației, prin încetarea hemoragiei demografice existentă în trecut datorită emigrărilor.

În perspectivă se deschide o nouă etapă de dezvoltare, prin mutații în profilul energetic al țării, în urma descoperirii importantelor zăcăminte de hidrocarburi din perimetrul său maritim. Astfel, această țară se află în situația foarte favorabilă de a dispune de trei resurse principale, dintre care două fosile și una reînnoibilă, suficiente pentru acoperirea necesităților proprii.

Resursele de energie primară

Aceste resurse constau în : potențial hidroenergetic, hidrocarburi, cărbuni, turbă, substanțe nucleare și lemn de foc.

Potențialul hidroenergetic este bazat pe o rețea bogată de ape, ale cărei caracteristici se datorează condițiilor geografice, modelate în mare măsură de ghețarii epocii cuaternare, și climatului.

Norvegia are un aspect geografic deosebit. Situată aproximativ între paralelele 57° și 71°, dispune de un teritoriu foarte alungit, de circa 1760 km, cu o lățime variabilă, în medie abia de 185 km, constituit în partea de nord din pante, spre Marea Nordului, ale Alpilor Scandinavi, iar în partea de sud, între Marea Nordului și Skagerak, din podișuri înalte, care coboară spre sud în coline și chiar în puțină cîmpie. Podișurile sînt întretăiate de văi și de munți, printre cei mai înalți ai țării, dar fără a depăși 2500 m. Coasta este crestată, uneori adînc, pînă la 170 km, în fiorduri foarte ramificate, și este înlănțuită de circa 150 000 de insule. Relieful are o înlțime medie de 490 m (față de 304 m, înălțimea medie a Europei).

Din întreaga suprafață a țării, de 325 000 km², 70 % sînt terenuri neproductive, munți și lacuri, 27% — păduri și 3% — teren arabil.

Climatul, în mare parte arctic (după cercul polar țara se mai întinde pe circa 800 km), este influențat în mod deosebit de curentul cald al golfului, care determină anomalia unor temperaturi medii mai înalte decît cele ale altor regiuni ale golfului situate la aceeași latitudine.

În fiorduri, la nivelul mării, vegetația este aceea a regimurilor temperate, iar sus, la nivelul munților, zăpada se menține mai tot anul. Există și ghețari, dintre care unii sînt printre cei mai întinși din Europa. În trecutul geologic ghețarii au fasonat în parte relieful de astăzi, determinînd și configurațiile favorabile amenajărilor hidroelectrice.

Dintre cursurile de apă, alimentate din ploi și din topirea zăpezilor și a ghețarilor, cele care se varsă în Marea Nordului sînt scurte, pe cînd

*) Articolul se bazează pe cercetarea la fața locului a aspectelor specifice energetice ale acestei țări.

**) Ing. Paul Cartianu lucrează la ISPE.

cele care se varsă în Skagerak sînt mai lungi; în general sînt rîuri repezi, cu cataracte, între maluri frecvent abrupte, mai ales pe sectoarele superioare și mijlocii; puține sînt navigabile, unele servesc la flotarea butucilor. Debitele sînt foarte variabile, sectoarele alpine îngheață iarna, dar debitele cresc foarte mult odată cu topirea zăpezilor; numeroasele lacuri au efecte regularizatoare.

Cel mai lung curs de apă este Glommen, care izvorăște la sud de fiordul Trondheim, la o altitudine de 599 m, și se varsă în fiordul Oslo, pe parcursul său, de 649 m, formînd mai multe cascade. În trecut se vărsa în marele lac suedez Vänern, dar din perioada postglaciară și-a schimbat direcția.

Potențialul hidroenergetic brut este de 555 TWh/an, iar cel tehnic și economic amenajabil — de 130 TWh/an.

Resursele de hidrocarburi, țiței și gaze naturale, descoperite în deceniul anilor 60, sînt cantonate în platforma continentală a Mării Nordului, în care se deosebesc trei zone:

— la sud de paralela 55°, unde adîncimile mării sînt în general sub 50 m și condițiile meteorologice în general bune, s-au descoperit numai zăcăminte de gaze;

— între paralelele 55° și 62°, adîncimile sînt de peste 150 m, condițiile meteomarine foarte grele, iar zăcămintele descoperite sînt de gaze și de țiței asociat cu gaze;

— la nord de paralela 62°, explorările sînt la început și condițiile meteomarine foarte dificile.

În sectorul norvegian al acestei platforme zăcămintele principale aflate în exploatare sînt: Frigg,de gaze naturale, Ekofisk, de țiței și de gaze naturale, și Statfjord, la circa 80 km sud de paralela 62°, cel mai important dintre toate, intrat de curînd în producție.

Rezervele dovedite sînt importante, cu estimări corectate treptat, pe măsura creșterii informațiilor explorărilor și exploatărilor, precum și a interpretării lor mai exacte. În prezent cele de țiței sînt estimate la 458 Mt, iar cele de gaze naturale la 1144 Gm^3 (față de 1662 Gm^3, rezervele de gaze ale Olandei, și 656 Gm^3, cele ale Angliei, ceilalți mari deținători ai Europei de Vest, al cărei total este de 4270 Gm^3).

Identificările de zăcăminte continuă, iar printre ele unele recente sînt foarte promițătoare, ca de exemplu zona numită „blocul de aur". Pe de altă parte, se pot constata și rezerve mai mici decît cele estimate (cazul zăcămîntului Ekofisk).

Huila. Zăcămintele se află în arhipelagul arctic Svalbard (Spitzerbergen), cu o suprafață de 6300 km^2, situat între 76°25′ și 80°50′. Rezervele dovedite însumează 20 Mt, iar cele adiționale 150 Mt.

Turba. Se estimează rezerve de 2100 Mt.

Substanțele nucleare. Norvegia dispune numai de thoriu; rezervele dovedite sînt de 132 000 t.

Lemnul de foc. Pădurile dispun de un potențial lemnos important, dar folosirea lor drept combustibil este din ce în ce mai redusă.

Producția de energie primară

Producția de energie primară este în creștere accentuată, datorită în principal extracției din ce în ce mai mari de țiței și de gaze naturale (tabelul 2). Dar, deși producătoare importantă de hidrocarburi, Norvegia prezintă particularitatea de a nu le putea folosi decît în mică măsură, deoarece de la platformele de extracție atît țițeiul cît și gazele sînt evacuate prin conducte și asemenea căi de transport nu s-au

Tabelul 2

Evoluția valorificării hidrocarburilor

Țițeiul

Anul	Producția	Importul Mt	Exportul Mt	Consumul intern	Consumul specific, t/loc.
1970	—	6,528	0,562	5,896	1,521
1971	0,293	5,710	0,238	5,811	1,489
1972	1,626	6,517	1,613	6,150	1,564
1975	9,276	5,904	7,771	6,946	1,733
1978	16,957	8,026	16,685	8,295	2,044
1979	18,288	6,320	15,860	8,958	2,199

Gazele naturale

Anul	Producția	Importul TJ	Exportul TJ	Consumul intern	Consumul specific, MJ/loc
1974	565	—	—	565	142
1975	8087	—	—	8087	2018
1978	657550	—	598518	59032	14543
1979	913293	—	844293	69000	16941

1 T.J = 238 845 000 kcal

Sursa: 1979 Yearbook of World Energy Statistics United Nations

folosit pînă acum, fundul mării de-a lungul coastelor prezentînd condiții dificile de pozare a conductelor. Din acest motiv, țițeiul extras din zăcămîntul Ekofisk este evacuat în Anglia, la stația de primire Tesside, de unde, prin tancuri petroliere, Norvegia primește înapoi o mică parte precum și propan, separat din gazele de petrol, utilizat la complexul petrochimic norvegian Rafnes. Gazele naturale din același zăcămînt sînt evacuate prin conductă la stația de primire din portul Emden, în R.F.G., de unde intră în sistemul vest-european de transport al gazelor.

Gazele naturale din zăcămintele Frigg sînt evacuate prin două conducte în Anglia, la stația de primire St. Fergus (Scoția).

În ceea ce privește zăcămîntul Statfjord, se preconizează valorificarea sa tot prin export.

Pentru transportul gazelor urmează să se aleagă între două variante, ambele prevăzînd injectarea în sistemul vest-european de gaze, tot la Emden, o parte urmînd a fi derivată în Norvegia, la Kaarstoe, la nord de Stavanger, făcîndu-se un început de alimentare a țării cu acest combustibil. Conductele prevăzute vor vehicula un total de 8 Gm^3 pe an, din care jumătate de la Statfjord, iar restul de la alte zăcăminte.

Datorită exportării prin conducte a unei mari părți din producția de țiței, Norvegia își completează necesarul prin import.

Cărbunii (huila) sînt exploatați în cantitate mică și în condiții grele în arhipelagul arctic Svalbard. Producția, în scădere din 1970, a fost de 259 000 t, în 1979, față de un import de 673 000 t.

Lemnele de foc, folosite în unele regiuni drept combustibil de bază, iar în altele drept combustibil de adaos (în cămine), au o participare din ce în ce mai redusă la alimentarea cu energie primară. În deceniul anilor 70 producția a scăzut de la 767 000 m^3, în 1970 la 460 000 m^3, în 1979.

Consumul de energie

Este în creștere ; la nivelul anului 1979 consumul specific era de peste trei ori consumul mediu mondial (tabelul 3).

Tabelul 3

Balanța generală a energiei în 1979 în Mt c.c.

Energie primară produsă sub formele :	
1. Solidă	0,248
2. Lichidă	26,591
3. Gazoasă	31,162
4. Electrică	10,923
Total	68,924
Schimburi internaționale :	
Import	14,234
Export	55,311
Sold	(—)41,082
Consumul intern sub formele :	
Solidă	1,016
Lichidă	13,039
Gazoasă	2,354
Energie electrică	10,111
Total	26,520
t c :c :/locuitor	6,511
t c :c :/locuitor mondial	2,019

Convertirea energiei electrice la 1000 kWh = 0,123 t c.c.
Potențialul hidroenergetic este estimat la 130 TWh/an

Structura sistemului electroenergetic

Puterea totală instalată în centrale electrice la 1 ianuarie 1980 era de 18 533 MW, din care 99,3 % în centrale hidroelectrice și 0,7 %în centrale termoelectrice, ponderile statului, municipalităților și particularilor fiind respectiv de 25,4, 55,5 și 19,1 %.

Puterea hidroenergetică este instalată în 590 de centrale, dintre care 59 au puteri de peste 100 MW și însumează 11 332 MW ; cele mai puternice sînt trei centrale de 430, 450 și 640 MW.

Toate centralele de peste 100 MW dispun de lacuri de acumulare, uneori de foarte mare capacitate, dintre care una și cu acumulare prin pompare.

Capacitatea totală de acumulare corespunde aproximativ unei jumătăți din producția anuală de energie electrică, iar indicele mediu de folosire este de circa 1 kWh/m^3. Dintre centrale unele au caracteristici remarcabile, ca, de exemplu, centrala Tyn, pe un curs de apă aferent fiordului Sogne, avînd căderea de 1018 m, debitul de 674 m^3/s și puterea de 170 MW. Centralele se execută de preferință subteran, amplasare impusă de condițiile locale, între care și pericolul avalanșelor.

Cele mai mari centrale amenajabile în viitor sînt Ulla Forre, de 2000 MW, dintre care 320 MW prin pompare, și Eidfjord de nord, de 1120 MW.

În decurs de zece ani (1968—1978) au crescut în medie anual : puterea instalată cu 4 % (cea adăugată în 1979 a fost de 817 MW), producția cu 3,1 %, consumul net interior cu 3,5 %, consumul industriilor energointensive cu 1 %, iar consumul general (normal) cu 5,5 %.

Sarcina totală maximă a sistemului a fost de 13 541 MW, adică de 73 % din puterea instalată.

Balanța anuală a energiei electrice este caracterizată prin următoarele poziții proeminente : export important, dar care se poate schimba în import în anii cu foarte slabă hidraulicitate, și ponderi mari ale consumului industriilor energointensive și locuințelor.

Balanța sintetică pe 1978 se prezintă după cum urmează :

Producția		
hidroelectrică	80,864	
termoelectrică	0,133	
total :	80,997	
Schimburi cu alte țări :		
export	4,250	
import	0,845	
sold(—)	—3,405	
Disponibil pentru consum intern :	77,592	
Consumuri energetice		
pompare pentru acumulare	0,225	
cazane electrice	1,198	
consum tehnologic	8,089	
total :	9,506	
Energie netă consumată intern	68,086	100,00 %
din care :		
— industrii energointensive	26,112	38,35 %

— consum general (normal)	41,974	(61,65 %)
din care :		
locuințe, inclusiv agricultura	21,910	32,18 %
alte industrii, minerit	10,787	15,84 %
construcții de centrale electrice, transporturi și servicii	9,276	13,63 %

Politica energetică de perspectivă

Problemele principale

Deși dispune de resurse importante de energie, Norvegia este preocupată de evoluția viitoare, datorită situației ei de mare consumatoare și cu cerințele în continuă creștere (18 379 kWh/loc. și an în 1978 și 20 228 kWh/loc. și an în 1979).

Pentru perioada anilor 80 politica sa energetică este în linii generale aceea afișată de cele mai multe țări care fac parte din Agenția Internațională a Energiei, dar cu particularități care țin seama de condițiile specifice ale Norvegiei.

Obiectivele principale ale politicii energetice sînt : exploatarea eficientă a resurselor, în interesul întregii societăți, urmărindu-se să se asigure creșterea economică continuă, în condițiile protecției mediului, cerință imperioasă în viața norvegiană, asigurarea continuității alimentării, evitîndu-se riscuri de rupturi, din orice cauze ar putea proveni ele, și participarea la aprovizionarea Europei de Vest cu hidrocarburi, în limita maximă permisă de considerente energetice și economice.

Dintre consumatori constituie preocupări principale : industria, locuințele și transporturile.

Industria norvegiană este caracterizată printr-un rol important al ramurilor energointensive, dintre care primul loc îl deține industria aluminiului, Norvegia fiind al 6-lea mare producător mondial (tabelul 4) și mare exportator. Alte industrii importante sînt : cea a fabricației pastei de lemn (tabelul 5) și a hîrtiei, bazate pe exploatarea pădurilor întinse, precum și metalurgia de bază, la care se va adăuga în viitor petrochimia.

Față de disproporția pe care o provoacă în balanța energetică industriile energovorace, se tinde la limitări ale dezvoltării lor, dar și la modernizarea lor.

Locuințele sînt al doilea mare consumator de energie electrică după industriile energointensive, intervenind cu peste 30 % din total. Limitări în acest sector sînt dificile, deoarece utilizarea energiei electrice este profund integrată în viața norvegienilor. O preocupare o constituie creșterea, mai accentuată decît cea prevăzută, a consumului de energie electrică pentru încălzitul locuințelor și chiar al altor clădiri, datorită costului mai mare al încălzitului prin produse petroliere. Economii sensibile sînt dificil de așteptat, deoarece actualmente practic toate locuințele și chiar alte clădiri dispun de încălzit electric total sau numai ajutător. În afară de încălzire electrică, locuințele dispun în general de un bogat echipament de aparate electrice cu destinații variate.

Transporturile automobile, al treilea mare consumator de energie, se impun din ce în ce mai mult. Deoarece rețeaua feroviară este restrînsă din cauza dificultăților reliefului, s-a creat o rețea rutieră foarte dezvoltată, bine întreținută, dar cu mari cheltuieli, din cauza condițiilor meteorologice severe ; astfel, în ultimul timp lungi porțiuni sînt deviate prin tuneluri, spre a fi circulabile și iarna fără pericol de înzăpeziri sau de avalanșe.

Tabelul 4

Primele țări ale lumii cu cea mai mare producție de aluminiu de primă fuziune în 1977

Nr. crt.	Țara	Producția în 10^3t
1	S.U.A.	4117,7
2	U.R.S.S.	1640,0
3	Japonia	1192,9
4	Canada	983,3
5	R.F.G.	741,8
6	Norvegia	624,6*)
7	Franța	399,7
8	Anglia	348,9
9	Italia	260,0
10	China	250,0
11	Olanda	241,3
12	Australia	236,9
13	Spania	212,2
14	România	209,0

*) Prin electroliză din alumină din minereuri naționale și importate.

Sursa : 1978 Statistical Yearbook United Nations, p. 336

Tabelul 5

Primele țări ale lumii cu cea mai mare producție de pastă de lemn în 1977

Nr. crt.	Țara	Producția 10^3 t	
		mecanică	chimică
1	Canada	6830	10913
2	S.U.A.	4069	38419
3	U.R.S.S.	2400	8000
4	Finlanda	1774	3472
5	Suedia	1527	6129
6	Japonia	1513	7922
7	R.F.G.	1018	844
8	Norvegia	763	863
9	Italia	534	240
10	Noua Zeelandă	433	606
11	Franța	433	1493
12	R.D.G.	250	637
13	Spania	221	978

Sursa : 1978 Statistical Yearbook United Nations

Faţă de aceste condiţii politica energetică a Norvegiei a prevăzut o serie de acţiuni atît în ceea ce priveşte producţia cît şi consumul de energie, dintre care cele mai importante vor fi expuse în cele ce urmează.

Soluţii privind producţia de energie

Necesităţile de energie primară vor fi satisfăcute în principal prin energie hidroelectrică şi produse petroliere,cu o redistribuire între acestea mai favorabilă pentru perspectivă.

În acest scop se va urmări micşorarea ritmului construirii de centrale hidroelectrice, realizîndu-se astfel conservarea potenţialului hidroenergetic, prin interzicerea temporară sau permanentă a amenajării unor cursuri de apă, ceea ce satisface şi cerinţa menţinerii intacte a unor regiuni sălbatice şi pitoreşti. Disponibilitatea le potenţial hidroenergetic este încă mare în Norvegia, spre deosebire de alte ţări europene de exemplu, în Elveţia nu mai este decît de ? TWh/an).

Deşi producţia de energie electrică va fi obţinută şi în viitor în mod predominant pe cale hidraulică, se va face apel şi la energia termoelectrică, pentru compensare în anii secetoşi şi pentru acoperirea vîrfurilor. Dintre cele cîteva centrale termoelectrice prevăzute a se construi pe cărbuni sau pe păcură, prima va fi în zona oraşului Oslo, beneficiind de posibilităţi de aprovizionare cu combustibil pe cale maritimă.

Dintre centralele hidroelectrice existente unele vor fi modernizate.

Producţia de hidrocarburi va creşte şi în acest scop explorările vor continua activ în diferite zone ale platformei Mării Nordului.

Se consideră însă necesar ca extracţiile să fie plafonate la anumite niveluri; cele stabilite pînă în pezent au fost depăşite. Tendinţa de conservare rezultă din motive energetice şi social-economice.

Actuala structură economică şi repartiţia populaţiei active pe sectoare de activitate a dat rezultate satisfăcătoare şi de aceea se urmăreşte evitarea unor schimbări bruşte; de asemenea, beneficiile din valorificarea hidrocarburilor trebuie să crească moderat, pe măsura capacităţii de absorbire a economiei ţării.

Pentru ca activitatea privind producţia de petrol şi gaze să poată fi condusă conform orientărilor guvernamentale, a fost constituită întreprinderea petrolieră STATOIL, care a devenit în scurt timp una dintre cele mai mari întreprinderi industriale ale ţării.

Sursele noi de energie (solară, eoliană şi a valurilor mării) nu vor avea un rol semnificativ în decursul deceniului, iar energia nucleară nu va interveni decît după anul 2000. Reactorul experimental de la Halden, realizat prin cooperare în cadrul OCDE, îşi va continua activitatea de cercetare.

Soluţii privind consumul de energie

Raţionalizarea consumului de energie, în vederea obţinerii de economii, este un obiectiv important, a cărui realizare va fi urmărită pe următoarele căi: orientarea producţiei industriale, corectarea preţurilor, stimularea prin subvenţii a cercetărilor energetice, îmbunătăţirea unor prescripţii care au legătură cu consumul de energie şi reducerea consumului tehnologic în sistemele energetice.

După cum s-a arătat, se va urmări ca dezvoltarea industrială să fie orientată spre producţii mai puţin energointensive.

Pentru influenţarea trendurilor consumului şi pentru redistribuirea lui pe resurse se acordă o mare importanţă politicii preţurilor.

Se consideră necesare: corectarea preţurilor de vînzare, deoarece sînt bazate pe costuri rezultînd din investiţii existente, în mare parte amortizate, şi care, ca atare, trebuie aduse la un nivel economic, evitarea disparităţilor prea accentuate ale preţurilor între anumite regiuni, acordarea de compensaţii unor consumatori dezavantajaţi la viitoarea creştere a tarifelor etc.

Noul sistem de preţuri de vînzare va fi aplicat treptat, începînd cu cererile noi de energie; el va fi complex, spre a răspunde echităţii şi a nu perturba economia. În aceste condiţii preţul de vînzare a energiei electrice la marii consumatori va ajunge la 0,02 $/kWh, adică aproximativ de trei ori mai mare decît cel actual. Preţul normal de vînzare pentru utilizări generale va fi în 1985 de 0,05 $/kWh, faţă de 0,0316 $/kWh în 1980, adică va avea o creştere de 60%. Cu toate aceste creşteri, preţurile rămîn sub nivelul celor din celelalte ţări vest-europene.

Statul va încuraja prin subvenţii programe de cercetări pentru economisirea energiei, iar regulamentele de construcţie a clădirilor vor fi modificate în sensul măririi izolaţiei.

Sistemul electroenergetic va fi completat, spre a se reduce consumul tehnologic la transport şi distribuţie (16 % în 1977, 15,5 % în 1985, 15 % în 1990 şi 14 % în 2000); de asemenea se vor realiza reduceri la consumul propriu al rafinăriilor.

Norvegia fiind o exportatoare importantă de energie electrică, dar şi importatoare în anii secetoşi (de exemplu, în 1977), se consideră că veniturile şi cheltuielile celor două operaţii trebuie să se compenseze periodic.

Efecte preliminate

Pe baza măsurilor arătate s-a estimat necesarul de energie electrică şi de produse petroliere pentru consumul general, adică exclusiv consumul industriilor energointensive, în patru variante, diferenţiate prin: procentul creşterii

economice, prețurile medii ale energiei electrice și prețul țițeiului.

Limitele extreme ale celor patru variante sînt următoarele :

	1977	1985	1990	2000
Energia electrică, TWh	46,4	57,3—59,8	68—71,9	76,7—90,6
Produse petroliere, Mt	7,3	7,3—8,2	7,4—9,0	7,9—11,1

Concluzii

Deși Norvegia dispune de importante resurse energetice, una reînnoibilă și două fosile, care pot satisface nevoile țării pe lungă durată, totuși politica energetică urmărește raționalizarea necesităților, în special de energie electrică, pe mai multe căi : conservarea resurselor, limitarea dezvoltării industriilor energointensive, redistribuirea prin funcția regularizatoare a prețurilor. Măsurile rămîn echilibrate, spre a menține ritmul de dezvoltare a țării și nivelul general înalt de trai.

Bibliografie

[1] *** *White Paper on Energy 1980.* În : Financial Times, nr. 56, 1980.

[2] *** *Les perspectives petrolières et gazières de la Norvège.* În : Gaz d'aujourd'hui, nr. 5, 1981, p. 188—189.

[3] *** *The Electricity Supply in Norway 1980.* Ediție întocmită de Norwegian Water Resources and Electricity Board.

(Articol intrat în redacție la 16 octombrie 1981

Invenții-inovații*)

Aparat pentru măsurarea puterilor aparentă, activă, complementară, deformantă și reactivă, în regim energetic sinusoidal sau deformant

Cerere de brevet : 98533

Brevet R. S. România : 77459

Autorii : ing. Paula Budașcă, ing. Virgil Valentin Berberu, ing. Ion Alexandru Antoniu

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG).

Invenția se referă la un apart de măsură care efectuează măsurarea puterilor aparentă, activă, complementară, deformantă și reactivă, pornind de la formulele de calcul integrale, în regim energetic sinusoidal sau deformant, pe baza utilizării elementelor de calcul analogic.

Ca metode cunoscute în măsurarea puterilor enumerăm :

— metoda de măsurare a puterii active cu wattmetru termic, dar cu care nu poate fi măsurată puterea reactivă ;

— metoda de măsurare a puterii active cu wattmetru electrodinamic, metodă afectată de erori importante (pînă la 30%) în regim deformant ;

— metoda de măsurare a puterii reactive cu wattmetru electrodinamic în montaj Liénard sau Iliovici, metodă ce nu poate fi utilizată în regim deformant ;

— metoda de măsurare a puterii active și reactive în regim deformant, conform brevet RSR 60.753, prin utilizarea analizei armonice, calculînd puterea activă sau reactivă ca suma puterilor active sau reactive determinate de fiecare grup de armonici de tensiune și de curent în parte. Același brevet indică metoda de calcul a puterii deformante din valorile efective ale componentelor fundamentale și ale reziduurilor deformante ale tensiunii și curentului, pe baza utilizării unor blocuri numerice de calcul. Metoda precizează că este necesară realizarea unui calculator hibrid specializat, avînd la bază un analizor de armonici, fapt care conduce la o instalație complicată și costisitoare, utilizabilă în special în scopuri de cercetare, nu și industriale ;

— metoda de măsurare a puterii active și rective pe baza utilizării formulei integrale (metodă utilizată de firma Siemens-R.F.G. la elaborarea traductoarelor de putere activă și reactivă de tip MUP) a puterilor respective este corectă numai în cazul măsurătorilor de putere activă, dar este incorectă în cazul măsurării puterii reactive în regim deformant ;

— pentru măsurarea puterii aparente și complementare nu se cunosc realizări de instalații specializate.

Cele expuse conduc la concluzia că mijloacele actuale nu sînt satisfăcătoare pentru măsurarea industrială a puterilor menționate, în regim deformant, cu atît mai mult cu cît pentru puterile aparentă și complementară nu există aparate de măsură.

Aparatul pentru măsurarea puterilor aparentă, activă, complementară, deformantă, reactivă, care face obiectul invenției de față, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că are la bază calcularea puterii aparente și active conform formulelor integrale valabile în regim sinusoidal sau deformant, rezultînd prin diferența pătratelor celor două puteri, urmată de o extragere de radical, puterea complementară în regim sinusoidal sau deformant, că permite de asemenea, calcularea puterii deformante plecînd de la valorile efective ale componentelor fundamentale și ale reziduurilor deformante ale tensiunii și curentului, puterea deformantă obținîndu-se cu ajutorul circuitelor de calcul analogic (multiplicatoare, sumatoare) și în sfîrșit realizează calcularea puterii reactive prin efectuarea diferenței între pătratul puterii complementare și pătratul puterii deformante, urmată de o extragere de radical. Mărimile astfel calculate sînt afișate numeric sau analogic, aparatul fiind prevăzut cu ieșiri speciale.

În cele ce urmează este descrisă schema-bloc pentru realizarea invenției, redată în figura 1.

Conform invenției, aparatul cuprinde patru blocuri principale și un bloc secundar. Aceste blocuri sînt :

— blocul pentru calculul puterii aparente S, conform formulei :

$$S = \left[\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) \cdot dt \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) \cdot dt \right]^{1/2}$$

— blocul pentru calculul puterii active P_a, conform formulei :

$$P_a = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

*) Rubrică întocmită de ing. C. Văideanu — ICEMENERG.

— blocul pentru calculul puterii deformante D, conform formulei :

$$D = U_1 I_d + U_d I_1$$

— blocul de calcul și afișaj care permite :

— calculul puterii complementare P_c, conform formulei : $P_c = \sqrt{S^2 - P_a^2}$

— calculul puterii reactive Q, conform formulei : $Q = \sqrt{P_c^2 - D^2}$;

— afișarea valorilor puterilor calculate analogic sau numeric ;

— calcularea energiilor activă, reactivă, complementară, deformantă și aparentă prin includerea unui microprocesor cu memorie și afișajul energiilor calculate ;

— blocul de alimentare (secundar).

Modul de funcționare a schemei

Calcularea și afișarea puterii aparente S

Pentru rezolvarea relației matematice care dă valoarea lui S, tensiunea și curentul furnizate de transformatoarele de măsură din sistemul energetic studiat sînt adaptate prin intermediul blocurilor A_1 și A_2 la nivelul necesar atacării circuitelor electronice de calcul *3* și *4*. Noile mărimi $u(t)$ și $i(t)$ sînt ridicate la pătrat în circuitele *3* și *4*, iar valorile obținute sînt mediate și integrate pe o perioadă de timp T, în circuitele *5*, *6*, pentru obținerea valorii medii pătratice u^2 și i^2. Cele două semnale corespunzătoare mediilor pătratice sînt multiplicate în blocul *7*, obținîndu-se S^2 ; pentru obținerea lui S, semnalul corespunzător lui S^2 se trece pirntr-un circuit de extragere de rădăcină pătrată, *8*. Noul semnal obținut se calibrează în blocul *9* la o valoare necesară atacului convertorului analog-numeric *10* și, după efectuarea conversiei, mărimea se afișează pe un sistem electronic de afișaj, *11*, sau se aplică sistemului de calcul al energiei, *12*.

Calcularea și afișarea puterii active P_a

Pentru realizarea relației matematice de calcul a lui P_a, tensiunea și curentul furnizate de transformatoarele de măsură din sistemul energetic studiat sînt adaptate prin intermediul blocurilor A_3 și A_4 la nivelul necesar atacării circuitului analogic de multiplicare *15*, care furnizează la ieșire produsul instantaneu *u.i.* Semnalul rezultat este mediat și integrat în circuitul *16*. Semnalul obținut este proporțional cu P_a. În continuare, semnalul intră în calibratorul 17, care îl aduce la valoarea necesară atacului *CAN*, *10*. După efectuarea conversiei, mărimea se afișează în blocul *11* sau se aplică sistemului de calcul al energiei *12*.

Elementul de bază în calcularea lui P_a îl constituie multiplicatorul analogic, care funcționează după cum urmează :

O succesiune de impulsuri de înaltă frecvență este modulată simultan în durată și amplitudine cu două tensiuni proporționale cu mărimile $u(t)$ și $i(t)$. Valoarea medie a impulsurilor rezultate este proporțională cu produsul $u(t) \cdot i(t)$. Impulsurile de înaltă frecvență sînt generate de un circuit basculant astabil. Aceste impulsuri comandă un generator de tensiune liniar variabilă. Tensiunea liniar variabilă este utilizată pentru modularea în durată a impulsurilor, semnalul modulator fiind o tensiune proporțională cu curentul de intrare $i(t)$. Impulsurile modulate în durată sînt apoi modulate și în amplitudine cu o tensiune proporțională cu tensiunea $u(t)$. Prin mediere se obține produsul *u.i.* Schema electrică de principiu a multiplicatorului este dată în figura 2. Circuitul basculant astabil și generatorul de tensiune liniar variabilă (triunghi) sînt realizate cu circuitele integrate CI_1 și CI_2 și tranzistoarele T_1 și T_2. Modulația în durată este realizată cu circuitul integrat CI_3. Impulsurile rezultate comandă prin intermediul tranzistoarelor T_3, T_4, T_5, T_6 modulatoarele în amplitudine ale impulsurilor. Acestea sînt realizate cu tranzistoarelor T_7 și T_8. Valoarea medie a tensionării rezultate în emitoarele tranzistoarelor T_7 și T_8 este porporțională cu puterea electronică aplicată la intrarea blocului pentru calculul lui P_a.

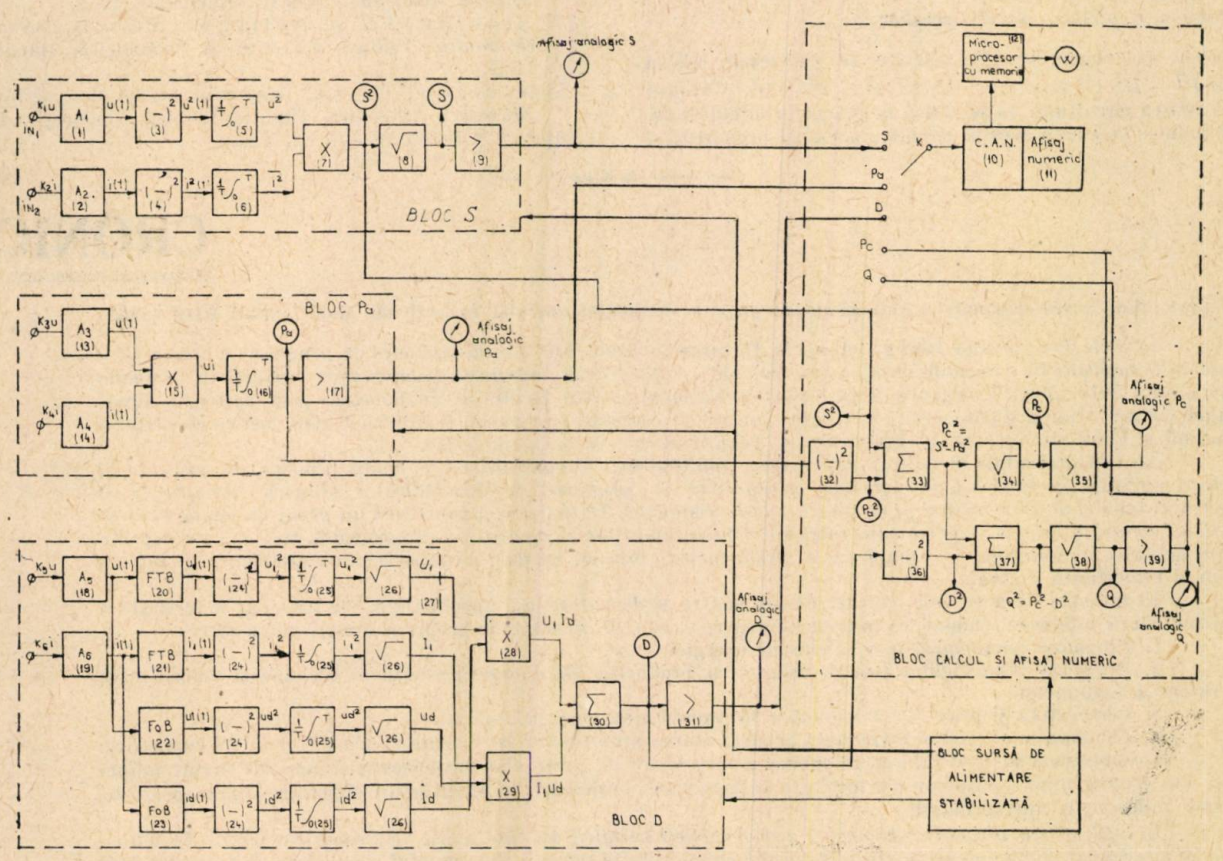


Fig. 1

Calculul și afișarea puterii deformante D

Pentru realizarea relației matematice de calcul a lui D, tensiunea și curentul prelevate din sistemul energetic, din secundarele transformatoarelor de măsură, sînt adaptate prin intermediul blocurilor A_5 și A_6 la nivelul necesar filtrelor trece-bandă *20*, *21* și opreste-bandă *22*, *23*. Ieșirea din filtre furnizează un semnal proporțional cu armonica fundamentală sau cu reziduurile deformante de curent și tensiune. Cu ajutorul circuitelor de tipul *27*, se calculează valorile eficace ale fundamentalelor și reziduurilor deformante de curent și tensiune. Semnale proporționale cu aceste mărimi sînt introduse în multiplicatoarele *28* și *29*, care realizează respectiv produsele $U_1 I_d$ și $U_d I_1$. Ieșirile celor două multiplicatoare atacă sumatorul *30*, care efectuează operația $D = I_1 U_d + I_d U_1$. Semnalul corespunzător puterii deformante este calibrat de etajul *31* și transmis fie spre afișajul analogic, fie spre *CAN 10*, pentru afișaj numeric *11* sau pentru atacul microprocesorului *12*, în scopul calculării energiei deformante.

Calculul și afișarea puterii complementare P_c

Pentru calculul acestei mărimi se utilizează relația $P_c = S^2 - P^2$. Semnalul obținut la ieșirea circuitului *16* se ridică la pătrat în circuitul *32*, obținîndu-se P_a^2. Ieșirea din circuitul *32* și ieșirea din circuitul *7* atacă circuitul de scădere *33*, obținîndu-se P_c^2. Pentru obținerea puterii complementare P_c, se introduce circuitul de extragere de rădăcină pătrată *34*, care va furniza o mărime proporțională cu puterea complementară. Această mărime, calibrată în circuitul *35*, va comanda fie afișajul analogic, fie pe cel numeric, după cum a mai fost menționat la mărimile precedente.

Calculul și afișarea puterii reactive Q

Pentru calculul puterii reactive se utilizează relația $Q^2 = P_c^2 - D^2$ și respectiv relația $Q = P_c^2 - D^2$. Mărimea de la ieșirea circuitului *30* se ridică la pătrat în circuitul *36*, obținîndu-se la ieșirea acestui circuit un semnal proporțional cu D^2. Acest semnal se aplică, împreună cu semnalul obținut la ieșirea *33*, circuitului de scădere *37*, care va furniza o mărime proporțională cu pătratul puterii reactive. Circuitul *38* extrage radicalul și furnizează pe Q, care, calibrat în circuitul *39*, va comanda fie afișajul analogic, fie cel numeric, sau circuitul de calcul al energiei reactive, prin metoda expusă în capitolele precedente.

Prezenta invenție are următoarele avantaje :

— asigură măsurarea puterilor aparentă, complementară, activă, deformantă și reactivă, în regim sinusoidal sau deformant ;

— asigură măsurarea cu precizie a tuturor tipurilor de puteri are se întîlnesc într-un regim energetic real ;

— constituie un aparat de măsură destinat tuturor domeniilor de activitate : industrie, cercetare și învățămînt.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet R.S.R. nr. 60753.*

[2] Gafencu, M. *Exppressions intégrales des puissanc es dans un régime énergetique deformant.* În : Rev. Roum. Sci. Tech. Electrotech.et Energ. 23, nr. 3, p. 331 — 340.

[3] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii.* Editura didactică și pedagogică, București, 1974.

[4] Graeme, J. și Tobey, G. *Operational amplifiers. Design and applications.* Mc Graw Hill, Londra, 1977.

[5] Timotin, A., Hortopan, V., Ifrim, A. și Preda, M. *Lecții de bazele electrotehnicii.* Editura didactică și pedagogică, București, 1970.

[6] Antoniu, I. S. *Chestiuni speciale de electrotehnică.* Editura Academiei, R.S.R., București, 1956.

[7] Nicolau, Ed. și Beliș, M. *Măsurări electrice și electronice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1972.

[8] Nicolau, Ed. ș.a. *Manualul inginerului electronist. Măsurări electronice.* Editura tehnică, București, 1979.

[9] * * * *Brevet R.S.R. nr. 51255.*

CRONICĂ

Dezbatere : Asigurarea economiei naționale cu energie și economisirea energiei în perioada pînă în anul 2010 (2020)

În zilele de 1—2 iunie 1982 a avut loc la București o dezbatere interdisciplinară de prognoză a dezvoltării științei și tehnologiei în domeniul „Asigurarea economiei naționale cu energie și economisirea energiei în perioada pînă în anul 2010 (2020)", organizată de Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie, prin sectorul Prognoza dezvoltării științei și tehnologiei, Institutul central de cercetări energetice, Institutul central pentru construcții de mașini și Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor — secția Energetică.

Au fost prezentate și supuse unei analize multilaterale și confruntării de opinii principalele rezultate și concluzii obținute în cadrul unor cercetări prospective și prognoze de dezvoltare a științei, tehnologiei și progresului tehnic, al altor analize și prognoze recent elaborate. Dezbaterea a constituit un prilej de cunoaștere și informare reciprocă directă și de corelare între specialiștii ramurilor și domeniilor care concură, sub diferite aspecte complementare, la soluționarea complexă a problemelor, precum și de conturare a unor probleme de interes comun și importanță generală.

În intenția de a se crea cadrul necesar pentru o dezbatere mai aprofundată, din întreaga diversitate a problematicii de prognoză tehnologică în domeniul energiei au fost selectate în program numai patru sfere :

1. Prognoza tehnologică a economisirii energiei.
2. Prognoza tehnologiilor pentru asigurarea producției de energie pe bază de cărbune și valorificarea superioară a cărbunelui.
3. Perspective și priorități tehnologice în valorificarea energiei solare.
4. Contribuția științei și tehnologiei la soluționarea problemelor de ansamblu ale perspectivei energetice.

Dezbaterea a suscitat interes, întrunind o participare de peste 180 de persoane și luări de cuvînt numeroase, din partea unor specialiști din institute de cercetare, proiectare și învățămînt superior, organe centrale, centrale industriale, întreprinderi.

În legătură cu *prognoza tehnologică a economisirii energiei*, au fost avute în vedere perspectivele tehnologice ale proceselor energointensive din metalurgie, chimie și alte ramuri, din punctul de vedere al reducerii consumurilor de combustibili, energie și materiale energointensive. A rezultat necesitatea de a se intensifica cercetarea și introducerea unor tehnologii pe principii noi, care să permită reduceri pronunțate ale consumurilor energetice respective. În același sens, sînt necesare cercetări în continuare pentru creșterea randamentelor diferitelor tipuri de utilaje consumatoare de energie. Au fost prezentate preocupări și realizări numeroase obținute în cercetare privind utilajele aferente valorificării resurselor energetice recuperabile : recuperatoare de diferite tipuri, turbine recuperatoare, pompe de căldură ș.a. S-a arătat că fiecare dintre aceste tipuri de soluții tehnice și echipamente se pretează pentru utilizare eficientă în anumite condiții concrete specifice. În acest context, s-a preconizat completarea gamei de soluții și tipodimensiuni și în special trecerea la fabricația utilajelor respective în condiții

industriale, inclusiv asigurarea elementelor de instalații specifice și a materialelor necesare. Totodată, se impune cercetarea și elaborarea în continuare a unor soluții tipizate pentru structurile optime ale diferitelor sisteme tehnologice de recuperare a energiei și de valorificare a energiei recuperate.

O atenție deosebită a fost acordată corelărilor necesare între resursele de energie recuperabilă și utilizarea eficientă și efectivă a acesteia, în cantitățile și la parametrii respectivi. S-a insistat asupra necesității de instituționalizare a unei coordonări unitare a recuperării energiei și a utilizării energiei recuperate, atît la nivelul unui organ de coordonare, administrare și decizie, cît și la nivel de concepție — cercetare și proiectare. În acest context, s-a preconizat și reconsiderarea programului de termoficare, în lumina utilizării cu prioritate a resurselor energetice recuperabile..

S-a subliniat faptul că problema recuperării energiei trebuie analizată încă în faza de concepție, a stabilirii amplasamentelor obiectivelor de investiții și a structurii fluxurilor tehnologice, astfel încît diferitele procese să-și poată valorifica reciproc în mod avantajos energia rezultată din diferite faze tehnologice.

Este, de asemenea, util să se reia practica efectuării unor bilanțuri energetice în profil teritorial, să se perfecționeze evidența și informarea tehnică în domeniu.

S-au prezentat și unele soluții concrete interesante privind economisirea energiei electrice și s-a menționat rolul pe care îl va putea juca în viitor în economisirea energiei creșterea ponderii energiei electrice.

În ceea ce privește *prognoza tehnologiilor pentru asigurarea producției de energie pe bază de cărbune și valorificarea superioară a cărbunelui*, în domeniul *extracției cărbunelui* au fost prezentate pe larg realizările, precum și direcțiile principale ale progresului tehnico-științific în extracția lignitului și a huilei, în cariere și în subteran, gradul înalt de mecanizare obținut în aceste procese cu ajutorul unor utilaje și tehnologii moderne, de mare capacitate. În același timp, a fost subliniată necesitatea asigurării în continuare a unor tehnologii și utilaje noi, de înaltă productivitate și adecvate exploatării zăcămintelor ce prezintă condiții geologice din ce în ce mai grele — straturi subțiri, înclinate, la adîncimi mai mari, cu traversare de nisipuri acvifere etc. Asigurarea unor tehnologii și utilaje noi constituie o condiție obligatorie pentru realizarea cantităților de extracție stabilite, atît în subteran, cît și în cariere, cu atît mai mult, cu cît s-a arătat că ne propunem exploatarea unor zăcăminte în condiții mult mai grele decît cele ale zăcămintelor ce se exploatează în străinătate. Sînt necesare tehnologii și utilaje specifice pentru mecanizare, automatizare, transport, preparare etc. (Este de menționat faptul că aceeași problemă — utilaje pentru mecanizarea lucrărilor de minerit — se pune și pentru realizarea programului hidroenergetic.)

Participanții la dezbatere au manifestat preocupare deosebită față de prognoza rezervelor de cărbune exploatabile, ca o informație decisivă pentru o serie de opțiuni tehnologice energetice.

În cadrul dezbaterii s-a cerut să se prognozeze calitatea și să se asigure o calitate stabilă a cărbunelui extras și livrat. În acest context, unii participanți au discutat eficiența energetică și economică a metodelor omogenizării cărbunelui, propunînd să se cerceteze tehnologii moderne pentru prepararea, înnobilarea, brichetarea cărbunelui și pentru asigurarea calității acestuia. De asemenea, s-a cerut să se urgenteze clarificarea, prin cercetări, a perspectivelor privind chimizarea cărbunelui și realizarea de combustibil lichid sintetic în țara noastră.

S-a propus să se efectueze prognoze ale consumului energetic cumulat în extracția cărbunelui, ale aportului energetic net al combustibilului rezultat din procesele de extracție și prelucrare, ținînd seama de evoluția condițiilor geologice de extracție și a calității combustibilului obținut.

S-a propus înființarea unei întreprinderi specializate pentru lucrări de deschidere și pregătire minieră.

În ceea ce privește *producția de energie electrică și termică pe bază de cărbune*, a fost prezentată o varietate de preocupări pentru perfecționarea cazanelor actuale, realizări și perspective privind elaborarea unor tehnologii eficiente, ca gazeificarea, arderea în strat fluidizat ș.a., în special la cazanele de capacitate relativ mică. Pentru cazanele marilor blocuri termoenergetice, s-au prezentat cercetările privind tehnologiile pentru reducerea păcurii de adaos. S-a constatat necesitatea fundamentării în continuare prin cercetări a prognozei tehnologiilor de perspectivă — cicluri combinate gaze-abur, integrate cu gazeificare și ardere în strat fluidizat.

S-a desprins necesitatea unei concepții și a unei coordonări de ansamblu optimizate energetic și economic privind valorificarea cărbunelui — pe tipuri de filiere tehnologice privind prelucrarea și utilizarea energetică (inclusiv diferențiat în profil teritorial — date fiind consumurile legate de transportul la distanță al unui combustibil de putere calorifică scăzută).

În domeniul *perspectivelor și priorităților tehnologice în valorificarea energiei solare*, din lucrările prezentate și din luările de cuvînt a rezultat că au fost abordate trei direcții principale, și anume :

— utilizarea energiei solare în procese termice de joasă temperatură pentru prepararea apei calde de consum, pentru încălzire și în unele aplicații tehnologice cu caracter industrial ;

— utilizarea energiei solare pentru producerea de energie electrică, atît pe filiera termodinamică, cît și pe filiera fotovoltaică ;

— acumularea căldurii, în special acumularea de lungă durată cu și fără schimbarea de fază.

Pe baza cercetărilor întreprinse și a progreselor obținute pînă în prezent în direcția utilizării energiei solare în procese termice de joasă temperatură, cu suportul rezultatelor experimentale obținute la stațiile pilot realizate, s-a trecut la generalizarea soluțiilor cu parametri tehnico-economici favorabili ; sînt în exploatare peste 200 instalații solare pentru prepararea apei calde de consum, cu o disponibilizare energetică de circa 3500 t c.c./an. În același timp, instalațiile solare realizate pentru încălzirea spațiilor de locuit au dat rezultate satisfăcătoare, costurile de investiție specifică avînd o tendință continuă de reducere.

Au fost realizate o serie de captatoare solare cu eficiență crescută atît în ceea ce privește parametrii tehnici, cît și costurile implicate. S-a urmărit perfecționarea captatoarelor solare plane, tipizarea sistemelor și a soluțiilor constructive, precum și introducerea în fabricația curentă a captatoarelor cilindro-parabolice cu factor de concentrare mediu. Atenția este îndreptată în continuare spre reducerea duratelor de recuperare a costurilor de investiție și a energiei înglobate în obiective.

De asemenea, cercetările vizează creșterea duratei de captare a energiei solare prin utilizarea unor agenți termici cu punct coborît de îngheț și creșterea capacității de captare prin mărirea duratei de acumulare.

Discuțiile au relevat necesitatea de a se extinde domeniul de utilizare a energiei solare în condițiile unei mai bune corelări a acțiunilor pentru obținerea de economii substanțiale de combustibil clasic și carburanți cu programele concrete actuale de implementare a sistemelor solare (aplicații la diverse niveluri de temperatură). În acest scop, se impune un efort mai susținut din partea industriei, a furnizorilor de echipament specific pentru asigurarea la timp și în cantitățile necesare de elemente componente sistemelor solare.

În direcția producerii de energie electrică prin conversia energiei solare, au fost prezentate rezultate obținute pînă în prezent (centrala solaro-electrică pilot experimental de 30 kW, module de baterii fotovoltaice realizate etc.), cît și orientările pentru etapa viitoare. Se remarcă astfel preocupările pentru realizarea unei centrale

solaroelectrice de mare putere, de tipul cu turn central și heliostate, perfecționarea celulelor fotovoltaice și ameliorarea parametrilor de funcționare ai acestora.

Dezbaterea consacrată *contribuției științei și tehnologiei la soluționarea problemelor de ansamblu ale perspectivei energetice* a evidențiat necesitatea ca problemele energiei să fie abordate în lumina asigurării eficienței energetice și economice *la nivelul de ansamblu al economiei naționale*. S-au dat exemple de acțiuni și soluții tehnice (inclusiv din domeniul surselor noi, din cel al comerțului exterior ș.a.) pentru care efectul energetic net calculat cu luarea în considerare a influențelor la nivelul economiei naționale și a evoluției în timp, poate fi cu mult mai mic decît efectul energetic brut, local și imediat, putîndu-se ajunge și la cazuri cu efect energetic net negativ. S-a arătat că aprofundarea analizei acestor aspecte este de natură să permită o mai bună selectare a priorităților tehnologice, o mai bună concentrare a resurselor umane, materiale și financiare asupra tehnologiilor energetice avantajoase și valorificarea superioară a resurselor energetice în economie.

Din dezbatere s-a conturat că, în acest scop, este necesară perfecționarea instrumentelor de analiză și decizie : a sistemului de criterii, a indicatorilor, a bazei informaționale, a modelelor matematice, precum și efectuarea și fundamentarea, cu ajutorul acestor instrumente științifice, a unor analize și prognoze privind dezvoltarea energeticii și a tehnologiilor energetice, ținînd seama de corelarea și interacțiunea lor în ansamblul economiei naționale și în timp.

Astfel, în ceea ce privește criteriile de analiză, selectare și optimizare a opțiunilor tehnologice și a obiectivelor de cercetare în domeniul energiei, au fost prezentate și comentate și s-a arătat necesitatea utilizării în practică a diferitelor criterii elaborate de institute din țară sau prezente în literatura mondială, ca de exemplu : energia netă, eficiența energetică, energia cumulată, eficiența economică, investiția totală (complex cumulată), cheltuielile de energie și de muncă socială pentru producerea și pentru economisirea energiei etc. A fost arătat dezideratul utilizării, în practica curentă, a unor indicatori simpli și intuitivi care să permită o orientare rapidă a factorilor de decizie din economie.

Din dezbatere a rezultat necesitatea continuării cercetărilor și în direcția precizării și unificării metodologiilor de calcul utilizate, precum și în direcția elaborării unor indicatori complecși care să permită ierarhizarea multicriterială a diferitelor proiecte și soluții tehnologice. Obținerea unor rezultate satisfăcătoare necesită desfășurarea unor cercetări pluridisciplinare, efortul conjugat al diferitelor colective de cercetare, cu participarea nemijlocită a specialiștilor din cadrul organelor de sinteză interesate.

În cadrul discuțiilor purtate s-a apreciat că sistemul existent de date statistice în domeniul energiei nu este satisfăcător pentru fundamentarea prognozelor în acest domeniu, arătîndu-se importanța și necesitatea elaborării unei bănci de date energetice și a unor balanțe energetice naționale și teritoriale, la nivel de aprofundare la care acestea se elaborează în alte țări.

Cu referire la utilizarea metodelor moderne de modelare pentru analiza complexă a problemelor de ansamblu ale perspectivei energetice au fost prezentate și analizate unele rezultate obținute, precum și orientarea cercetărilor în curs de desfășurare în acest domeniu.

Din cadrul dezbaterilor a reieșit importanța și necesitatea dezvoltării acestor preocupări, atrăgîndu-se totodată atenția că utilizarea unor metode de modelare simpliste și perimate, cum sînt cele cu suport principal extrapolativ, nu mai corespund condițiilor actuale și viitoare, riscînd să dea rezultate necorespunzătoare. De aceea, sînt oportune cercetările pentru realizarea unor abordări noi ale problemei, prin modelarea proceselor reale ale dezvoltării energetice și ale promovării tehnologiilor energetice.

Date fiind problemele ridicate de dimensiunile și complexitatea sistemului energiei, de multitudinea interacțiunilor ce trebuie luate în considerare, de necesitatea tratării factorilor de incertitudine existenți cu privire la viitor, a rezultat necesitatea dezvoltării unor cercetări fundamentale privind baza teoretică fn domeniul metodelor de modelare specifice. S-a recomandat, totodată, abordarea ierarhizată a problematicii, propunîndu-se soluționarea cu prioritate a problemelor legate de crearea bazei metodologice și informaționale necesare și subliniindu-se caracterul de continuitate și de perfecționare succesivă a cercetărilor respective.

Au fost prezentate rezultate preliminare obținute privind prognoza energetică și a tehnologiilor energertice în România pînă în anul 2000, prezentîndu-se scenarii și schițe de balanțe energetice simplificate pentru anii 1990 și 2000, în variante. Acestea au fost construite pe baza hotărîrilor recente de partid și de stat, cu ajutorul unei funcții matematice de dezvoltare energetică ce leagă producția de energie, ritmul creșterii economice, economisirea energiei și independența energetică. Din analiza scenariilor rezultă posibilitatea adoptării unor decizii privind dinamicile parametrilor respectivi în perspectiva următoarelor decenii și căile de asigurare a acestor dinamici. S-a sugerat diversificarea în continuare a variantelor de scenarii construite și, în particular, s-a arătat importanța pe care o prezintă pentru prognoza echipamentelor energetice și pentru tipizarea acestora existența unor prognoze referitoare la tipurile și caracteristicile principale ale resurselor primare și secundare de energie, precum și a caracteristicilor diferitelor categorii de consumatori.

Au fost prezentate, cu caracter exemplificativ, rezultate obținute privind ierarhizarea și sistematizarea tehnologiilor energetice prioritare în perspectiva anului 2000 și privind acțiunea de analiză a eficienței energetice și economice a acestor tehnologii, acțiune aflată în curs.

În legătură cu faptul că energetica, prin caracterul său sistemic, pluri- și interdisciplinar, necesită o tratare științifică la nivel de ansamblu, s-a arătat necesitatea de pregătire a tehnologiei etapelor viitoare ținînd seama de prognoza declinului resurselor energetice actuale, de corelarea între cererea de energie, resurse și tehnologiile energetice, de fiabilitatea alimentării cu energie a societății, de asigurarea compatibilității cu mediul înconjurător și cu mediul social, inclusiv pregătirea cadrelor necesare, de soluționarea problemelor informaționale pe care le ridică structurile și interdependențele complexe ce se dezvoltă.

În cadrul concluziilor generale ale dezbaterii a fost apreciat pozitiv interesul larg arătat pentru probemele prognozei în domeniul energiei, participarea activă, de fond, a numeroșilor specialiști, reprezentanți ai principalelor ramuri ale economiei naționale.

Se constată necesitatea perfecționării schimbului de informații între cercetători, a colaborării între institutele de cercetare, a lărgirii sferei de cuprindere a informării documentare, inclusiv prin colaborare cu INID, care dispune de un valoros fond documentar în domeniul energiei.

O importanță deosebită trebuie acordată elaborării, în comun, de către institutele de specialitate, a unor cercetări în scopul soluționării problemelor de graniță, de legătură între diferitele ramuri ale economiei naționale.

Se recomandă intensificarea eforturilor de cercetare în domeniul energiei, arătîndu-se că criza energetică este în primul rînd o criză a cercetării mondiale în domeniul energiei, care nu a pregătit soluțiile tehnice necesare pentru a permite o adaptare rapidă la limitările impuse în aprovizionarea cu anumite tipuri de resurse primare de energie.

Dr. ing. **Mario Duma** — ICEMENERG

Manifestări tehnico-ştiinţifice*)

Simpozionul naţional al reţelelor electrice

Organizator: Comitetul Naţional Român CIGRE, CNIT CIRE
Data: 6—8 octombrie 1982
Locul: Craiova

Tematica generală a simpozionului:

1. CONCEPŢII NOI PRIVIND DEZVOLTAREA REŢELELOR DE TRANSPORT ŞI DISTRIBUŢIE

1.1. Principii moderne de proiectare, aplicate în dimensionarea instalaţiilor de transport şi distribuţie
1.2. Soluţii noi aplicate în planificarea LEA, LES, staţii şi posturi de transformare
1.3. Soluţii privind sistematizarea reţelelor electrice, inclusiv reducerea numărului de tipodimensiuni ale elementelor de staţii şi reţele
1.4. Impactul reţelelor electrice cu mediul înconjurător
1.5. Tehnologii moderne privind construcţia LEA, LES, staţii şi posturi de transformare
1.6. Realizări pe plan mondial şi tendinţe în R.S.R. privind echipamentele şi materialele utilizate în construcţii LEA, LES, staţii şi posturi de transformare
1.7. Soluţii noi aplicate în proiectarea şi construcţia M.H.C
1.8. Tendinţe privind protecţia la STA, STC şi realizarea instalaţiilor de legare la pământ a LEA, LES, staţii şi posturi de transformare
1.9. Concepţii de teleconducere a instalaţiilor electrice
1.10. Concepţii moderne privind introducerea automatizărilor, protecţiilor şi canalelor de transmisie în instalaţiile de transport şi distribuţie
1.11. Soluţii privind perfecţionarea automatizărilor din cadrul SEN

2. PREOCUPĂRI PE LINIA EXPLOATĂRII ŞI ÎNTREŢINERII REŢELELOR ELECTRICE, A AUTOMATIZĂRILOR PROTECŢIILOR ŞI INSTALAŢIILOR DE TRANSMISIE

2.1. Soluţii noi privind exploatarea staţiilor de transformare (teleconducere, telecomandă circulară etc.) şi optimizarea manevrelor în instalaţiile de transport şi distribuţie
2.2. Realizări privind prevenirea incidentelor şi avariilor în vederea reducerii numărului duratei intervenţiilor în reţelele electrice
2.3. Prevenirea efectelor poluării asupra instalaţiilor de transport şi distribuţie.
2.4. Încercări şi măsurători electrice care conduc la creşterea fiabilităţii echipamentelor montate în staţii şi posturi de transformare
2.5. Preocupări pe linia dotării cu aparatură de investigaţie şi control utilizate de echipele de întreţinere şi exploatare a reţelelor
2.6. Realizări în exploatarea reţelelor de distribuţie
2.7. Fiabilitatea schemelor de automatizare şi protecţii folosite în instalaţiile de transport şi distribuţie
2.8. Fiabilitatea canalelor de transmisie (radio, înaltă frecvenţă, circuit fizic etc.)
2.9. Probleme legate de aspectul organizatoric al lucrărilor şi de productivitatea muncii în activitatea de construcţii-montaj, exploatarea şi întreţinerea instalaţiilor electrice
2.10. Probleme de ergonomie

3. SOLUŢII DE ECONOMISIRE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN REŢELELE DE TRANSPORT ŞI DISTRIBUŢIE

3.1. Soluţii aplicate pentru reducerea consumului propriu tehnologic de energie electrică în instalaţiile de transport şi distribuţie
3.2. Optimizări în încărcarea transformatoarelor
3.3. Soluţii noi privind reducerea consumului de energie
3.4. Relaţia furnizor-consumator privind optimizarea pierderilor în instalaţiile de transport şi distribuţie
3.5. Preocupări privind reducerea regimului deformant, combaterea flikerului şi îmbunătăţirea factorului de putere
3.6. Preocupări pe linia economisirii energiei electrice în relaţia furnizor-consumator

A IV-a ediţie a sesiunii de comunicări ştiinţifice

„Creaţia tehnică şi fiabilitatea în construcţia de maşini"

Organizator: Institutul politehnic Iaşi
Facultatea de mecanică
Data: 29—30 octombrie 1982
Locul: Iaşi

Tematica sesiunii:

— Rezistenţa materialelor, organe de maşini, mecanisme şi mecanică tehnică
— Maşini-unelte, scule aşchietoare şi dispozitive
— Probleme tehnologice ale prelucrărilor mecanice în construcţia de maşini
— Tehnologii şi utilaje metalurgice
— Maşini termice şi hidropneumatice
— Termotehnică şi instalaţii

Relaţii suplimentare se pot obţine la telefon 981—40160/119— Institutul Politehnic Iaşi-Facultatea de mecanică Calea 23 August nr. 22 cod 6600

Sesiunea de comunicări ştiinţifice în domeniul energetic

Organizator: Institutul politehnic Bucureşti
Data: 3—4 decembrie 1982
Locul: IPB-Facultatea de energetică Bucureşti
Sesiunea de comunicări ştiinţifice se va organiza pe următoarele secţiuni:

I. Economia de energie — obiectiv major în realizarea independenţei energetice a României.
II. Prognoza resurselor energetice, a noilor tehnologii în energetică şi a necesarului de energie. Metode, soluţii.
III. Căile de valorificare superioară a cărbunilor inferiori, CTE, CET, CT, gazeificare, lichefiere, tehnologii de transport
IV. Energiile regenerabile: amenajarea potenţialului hidroenergetic, valorificarea energiei geotermale, solare, eoliene şi creşterea aportului acestora la echilibrarea balanţei energetice.
V. Energia nucleară — obiectiv strategic de mare importanţă.
VI. Optimizarea proiectării, funcţionării şi conducerii sistemelor energetice şi a instalaţiilor componente.
VII. Sisteme moderne de alimentare cu căldură a industriilor şi proporţiile creşterii aportului cărbunilor inferiori şi a energiei nucleare în balanţa energetică.
VIII. Electrificarea proceselor şi utilizarea economică a energiei electrice, o cale eficientă de substituire a hidrocarburilor.
IX. Instalaţii şi echipamente energetice cu performanţe superioare.

Relaţii suplimentare se pot obţine la INSTITUTUL POLITEHNIC BUCUREŞTI — Facultatea energetică, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6 cod 77206.

*) Rubrică întocmită de COPIM — ICEMENERG.

Din sumarul revistelor*)

Losev, E. A. *Principalele poziţii ale calculului fiabilităţii sistemelor electroenergetice* (Osnovnîe polojeniia rasciota nadejnosti elektroenergheticeskih sistem). Elektricestvo, nr. 9, 1981.

Lihaciov, F. A. *Prize de pămînt duble ale conductoarelor* (firelor) *neutre ale liniilor electrice de 0,4 kV şi dispozitive de legare la pămînt, tip TP 6—10/0,4 kV* (Povtornîe zazemliteli nulevîh provodov VL 0,4 kV i zazemleaiuşcie ustroistva TP 6—10/0,4 kV). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Vitkin, E. I., Nikolski, I. G. ş.a. *Comanda automată a sarcinii în cazul reducerii tensiunii* (Avtomaticeskoe upravlenie nagruzkoi pri snijenii napreajeniia). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Grover, B. A. şi Kolonski, T. V. *Menţinerea stabilităţii în condiţiile deficitului puterii active, în caz de avarie, în sistemele energetice cu linii de interconexiune slabă* (Sohranenie ustoicivosti pri avariinîh defiţitah aktivnoi moşcinosti v energosistemah s liniiami mejsistemnoi slaboi sveazi). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Zelenohat, A. I. *Sinteza sistemului de comandă a proceselor electromecanice din sistemul energetic complex* (Sintez sistemî upravleniia elektromehaniceskimi proţessami v slojnoi energosisteme). Elektricestvo, nr. 9, 1981.

Frolov, V. A. *Compensarea puterii reactive în substaţiile de 10/0,4 kV* (Kompensaţiia reaktivnoi moşcinosti na podstanţiiah 10/0,4 kV). Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1981.

Usmanov, F. H., Bairamgulov, I. J. ş.a. *Încercarea amortizoarelor în cazul balansării cablurilor pentru LEA de 6—10 kV* (Ispîtanie gasitelei pleaski provodov na VL 6—10 kV). Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1981.

Semiaşkin, F. I. şi Ghitelman, L. D. *Problemele organizatorice ale interconectării sistemelor energetice* (Organizaţionîe problemî energoobjedinenii). Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1981.

Landa, M. L. şi Lukianenko, I. D. *Examinarea şi analiza avariilor provocate de vînt şi polei în LEA* (Obsledovanie i analiz gololeodnovetrovîh avarii na vozduşnîh liniiah elektroperedaci). Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1981.

Urin, V. D. şi Meşkov, V. N. *Atragerea CHE de putere medie la participarea la procesul desfăşurării automate a regimului sistemului energetic în funcţie de puterea activă* (Privlecenie GES srednei moşcinosti k uceastiiu v avtomaticeskom vedenii rejima energosistemî po aktivnoi moşcinosti). Elektriceskistanţii, nr. 6, 1981.

Fedosenko, R. I. şi Zaiţev, A. M. *Parametrii izolatoarelor defecte de suspensie* (Parametrî defektnîh podvesnîh izoleatorov). Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1981.

Litkens, I. V., Pugo, V. I. ş.a. *Studierea parametrilor regimului asincron în sistemele energetice interconectate* (Issledovanie parametrov asinhronnovo rejima mejsistemnoi sveazi) Elektricestvo, nr. 9, 1981.

Hramov, N. I. *Influenţa creşterii tensiunii asupra economicităţii funcţionării electromotoarelor serviciilor proprii ale electrocentralelor* (Vliianie velicinî napreajeniia na ekonomicinostiraboti elektrodvigatelei sobstvennîh nujd elektrostanţii). Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1981.

Mnusskih, M. E., Budniţki, A. M. ş.a. *Sistem automat de reglare a procesului arderii în grupurile de cazane care ard păcură cu surplusuri de aer* (Avtomaticeskaia sistema regulirovaniia proţessa goreniia v kotloagregatah, sjigaiuşcih mazut s nizkimi izbîtkami vozduha). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Sa apov, M. H. *Evaluarea condiţiilor aplicării semnalizatorului tip SVK-3 MI în gospodăriile de păcură ale centralelor termoelectrice* (Oţenka uslovii primeneniia signalizatora SVK-3 MI v mazutnîh hozeaistvah teplovîh elektrostanţii). Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1981.

Naimanov, O. S., Kosinov, I. P., ş.a. *Determinarea perioadei între două reparaţii succesive ale turbinei în funcţie de fiabilitatea acesteia* (Opredelenie mejremontnovo perioda turbinî v zavisimosti ot nadejnosti eio rabotî). Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1981.

Iuhimciuk, S. A., Gubar, E. I. ş.a. *Sporirea rezistenţei la coroziune a îmbinărilor sudate ale ţevilor cazanelor, acoperite cu crom* (Povîşenie korrozionnoi stoikosti svarnîh stîkov kotelnîh trub s hromovîm pokrîtiem). Elektriceskie stanţii, nr. 5, 1981.

Murganov, B. P. *Reglarea puterii turbogeneratorului împotriva avariilor* (Protivoavariinoe regulirovanie moşcinosti turbogheneratora). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Krivcenko, G. I. şi Kveatovskaia, E. V. *Protecţia contra avariilor a agregatelor CHE cu turbine axiale* (Zaşcita ot avarii GES s osevîmi turbinami). Elektriceskie stanţii, nr. 6, 1981.

Lirin, V. N., Smorcikov, A. D. ş.a. *Problema funcţionării turbogeneratoarelor în regimul schimbării ciclice a sarcinilor* (K voprosu rabotî turbogheneratorov v rejime ţikliceskovo izmeneniia nagruzok). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Akolzin, P. A. *Problema coroziunii şi a protecţiei metalului echipamentului energetic al CTE* (Problema korrozii i zaşcitî metalla energooborudovaniia TES). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Grebeniuk, I. F. *Analiza deteriorării metalului tamburelor şi a curburilor ţevilor neîncălzite* (Analiz povrejdaemosti metalla barabanov i ghibov neobogrevaemîh trub). Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1981.

Berejinski, A. I. şi Tineakova, I. M. *Problema focarului suplimentar la cazanele convertizoare* (K voprosu o podtopke konvertornîh kotlov-utilizatorov). Promîşlennaia enrghetika, nr. 5, 1981.

Lefeuvre, S. *Proprietăţi caracteristice ale încălzirii prin microunde* (Propriétés caractéristiques du chauffage micro-ondes). RGE, nr. 11, 1981.

Schiffmann, R. F. *Încălzirea prin microunde în industria S.U.A.* (Le chauffage dans l'industrie aux Etats-Unis). RGE, nr. 11, 1981.

Jolion, M. *Aplicaţii industriale ale microundelor* (Applications industrielles des micro-ondes), RGE, nr. 11, 1981.

Ritaly, J. *Aplicaţii energetice ale microundelor. Consideraţii ale unui utilizator din industrie* (Applications énergetiques des micro-ondes). RGE, nr. 11, 1981.

Cabanes, I. *Natura efectelor fiziologice ale curentului electric* (Nature des effets physiologiques du courant électrique). RGE, nr. 10, 1981.

Lee, W. R. *Pragul fibrilaţiei ventriculare* (Seuil de la fibrillation venticulaire). *RGE, nr.10,1981.*

Antoni, H. *Electrofiziologia fibrilaţiei ventriculare* (Electrophysiologie de la fibrillation ventriculaire). RGE, nr. 10, 1981.

Bennett, S. B., Bannister, R. L. şi Silvestri, G. J. *Practica curentă în proiectarea şi funcţionarea centralelor electrice cu abur provenit din arderea combustibilului fosil în S.U.A.* (Current day practice in the design and operation of fossil-fired steam power-plants in USA). Combustion, nr. 7, 1981.

*) Rubrică alcătuită de Oficiul de informare documentară pentru energetică.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. М. Полтог: Электрический баланс приводов синхронных двигателей 351

В. Лука, Фл. Андрееску, А. Форже и *Юлия Форже*: Возможность использования метода резонанса в исследовании микроструктурных дискретных трансформаторов 366

С. Деду: Увеличение эффективности работы гидроагрегатов ГЭС «ЖЕЛЕЗНЫЕ ВОРОТА I». 374

А. Попеску: Влияние информационных процессов на вопрос центрального руководства 382

П. Картиану: Энергетическая политика страны с интенсивным использованием электроэнергии — НОРВЕГИИ 387

ИЗОБРЕТЕНИЯ 392

ХРОНИКА 394

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 397

ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 398

INHALTSVERZEICHNIS

D. M. Potlog: **Die Elektroenergiebilanz der Antriebe mit Asynchron motoren** 351

V. Luca, Fl. Andreescu, A. Forje und *Iulia Forje*: **Die Möglichkeit der Anwendung der Resonanzmethode zur Untersuchung der diskreten Mikrostrukturtrafos** 366

S. Dedu: **Die Wirkungsleistungserhöhung der Hydroaggregate des Wasserkraftwerkes Porţile de Fier** 374

A. Popescu: **Die Auswirkung der Informatisierung auf die Leitung** 382

P. Cartianu: **Die Energiepolitik eines Landes mit intensiver Ausnutzung der Elektroenergie — Norwegen** 387

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 392

CHRONIK 394

WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN 397

AUS DEM INHALTSVERZEICHNIS ANDERER ZEITSCHRIFTEN 398

SOMMAIRE

D. M. Potlog: **Le bilan électrique des commandes à moteurs asyncrones** 351

V. Luca, Fl. Andreescu, Al. Forje, Iulia Forje: **Possibilité d'utilisation de la méthode de la résonance pour l'investigation des transformateurs microstructurals discrets** 366

S. Dedu: **L'accroissment de l'efficacité du fonctionnement des hydroagrégats CHE — Porţile de Fier I** 374

A. Popescu: **L'impact de l'informatisation sur le management** 382

P. Cartianu: **La politique énergétique d'une pays avec une utilisation intense de l'énergie électrique — la Norvége** 387

INVENTIONS-INNOVATIONS 392

CRONIQUE 394

MANIFESTATIONS TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES 397

SOMMAIRE DES REVUES 398

SUMMARIES

DC 621.313.333.:621.8

D. M. Potlog: **The electric Balance of Asynchronous Motors Drives**

The report intends to set up and systematize some balance models for asynchronous motors drives, which should be easily usable so as to guide the specialized personnel from the industrial units with a view to energy savings considering the easiest way to obtain data during operation.

Energetica 30 (1982) nr. 8, p. 351–365

DC 621.31 :621.314.2

V. Luca, Fl. Andreescu, A. Forje and *Iulia Forje:* **The Possibility to Apply the Resonance Method for Discrete Microstructural Transformers Investigation**

During a thermoplastics process, particularly metal hardness, as well as the elastic conductivity are modified within relatively reduced limits. There are some properties of metals that range within much more wide limits, in the case of a stress such as internal friction. For instance, applying, a deformation degree of 1% to a pure aluminium specimen, the internal friction is modified with about 500%.

The main determinations on a dynamic way are shown, under the resonance conditions of the longitudinal elasticity module, of the vibrations propagation speed and of the internal friction.

The audio-frequency investigation equipment, which is utilized, as well as some of the experimental results are also dealt upon.

Energetica 30 (1982), nr. 8, p. 366–374

DC 621.311.21.004.1

S. Dedu: **Operation Efficiency Increase of Hydroaggregates at the Hydropower plant Iron Gates I**

The report deals with a highly actual subject solved by means of data tested on a model and in operation. It has been stated that the guaranteed power of the hydroaggregate

is obtained with openings inferior to the maximum openings of the directing device and of the rotor even at a minimal operation drop. Thus the power and electric energy generation can be increased by a wider opening.

Energetica 30 (1982), nr. 8, p. 374–382

DC 681.32

A. Popescu: **Informatization Impact on Management**

The article starts from the fact that since the information-decision system is actually the management system, the fall of the microprocessor cost parallel to the fast progress made by electronics and communications makes it imperative that in the highly informatized future society, beside the manager's classical tool, "the decision", there equally be a modern tool, "the informatics". This encounter calls for and brings about deep changes in the management system. The changes first of all call for the qualification and performance of the manager who has got and knows how to capitalize his natural intelligence before resorting to the artificial intelligence of the computer programmes.

On the basis of certain researches carried out according the comparative method, certain quality conditions a criteria of the management system assisted by the electr nic computer are equally proposed in our country at pr sent.

Energetica 30 (1982), nr. 8, p. 382–386

DC 621.3.016 (480)

P. Cartianu: **The Energy Policy of a Country with Intensi Operation of the Electric Energy Potential – Norway**

Energetica 30 (1982), nr. 8, p. 387–392

INVENTIONS-INNOVATIONS

CHRONICS

TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA

FROM THE CONTENTS OF OTHER REVIEWS

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review ,,Energetica'' can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages.
- The review ,,Energetica'' proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields.
- The review ,,Energetica'' provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well.
- The review ,,Energetica'' publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

RUSTUL DE CONSTRUCȚII HIDROENERGETICE BUCUREȘTI

TR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON 35 54 70
ECTOR 2, COD POȘTAL 78072 TELEX 10244

C.H. ARE IN CURS DE EXECUȚIE

42 BARAJE dintre care :

URA APEI	(anrocamente)	173 m
RIU	(materiale locale)	123 m
RĂGAN	(beton în arc)	120 m
UȘOR	(anrocamente)	117 m

42 UZINE HIDROELECTRICE dintre care:

ÎUL MARE RETEZAT	335 MW
T AVAL SECTOR SLATINA DUNĂRE (5 uzine)	265 MW
RȚILE DE FIER II	216 MW
UL MARE AVAL (9 uzine)	175 MW
RĂGANI REMEȚI (2 uzine)	159 MW
JGAG	150 MW
RET (3 uzine)	118 MW
SMANA	106 MW

314 KM GALERII HIDROTEHNICE dintre care:

UL MARE RETEZAT	18400 m
RNA BELARECA	12500m
RDUC	12000m
STRIȚA TISMANA	11270 m
GAG	8140 m
RIU	7834m
SCIORI	6740m
LIBIȚA	6500m
MEȚI	4332m

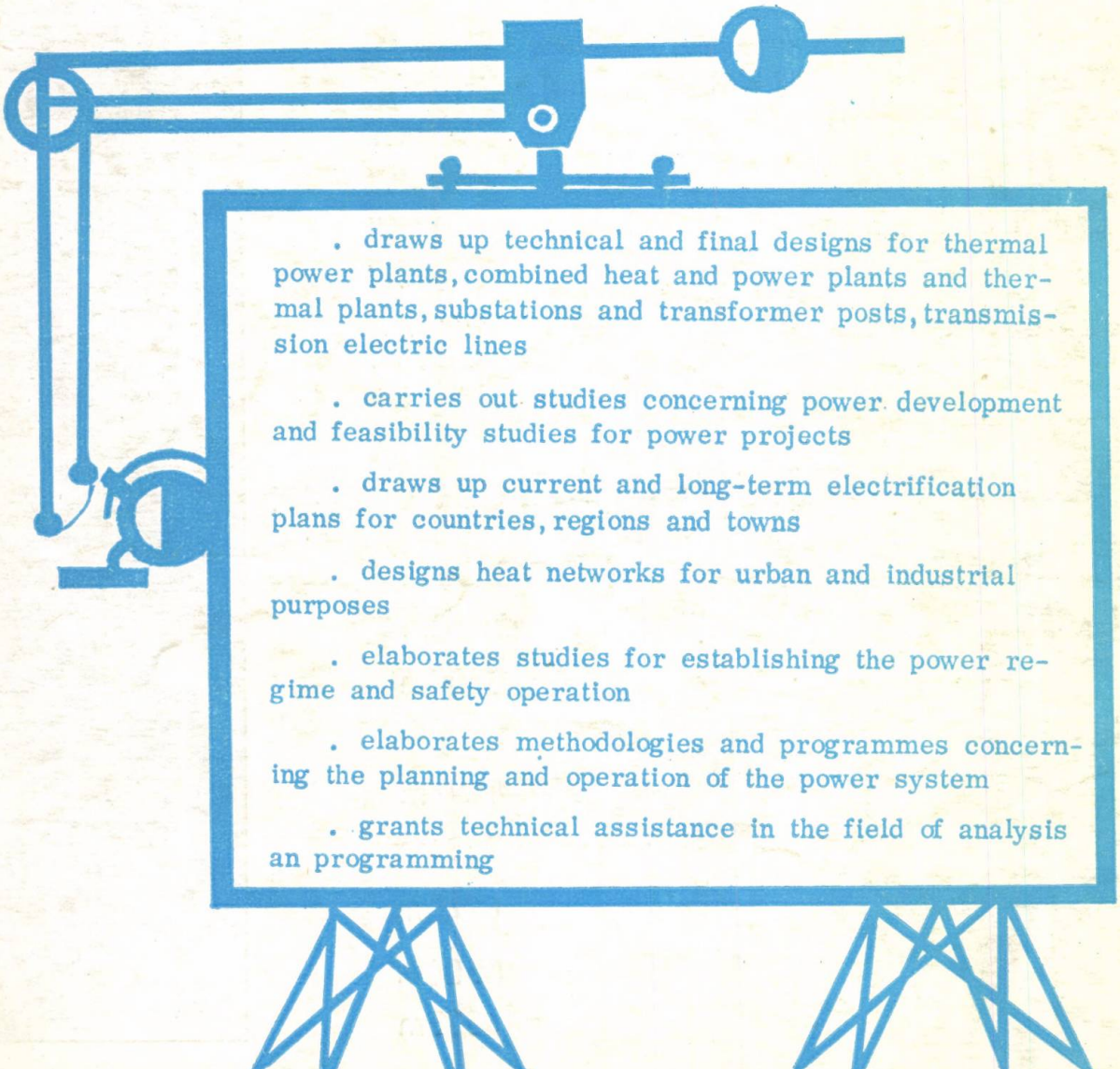
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE

BUCURESTI, Bd. Lacul Tei nr. 1, Tel. 12. 19. 70 ; 12. 71. 41 Telex 10.978 isp

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studie and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carri out studies and designs required for the achievement of the electrification plans, and for the electric networks operation in economic and safety co ditions

cooperates with foreign firms and organizations for specialized works and gives, on demand, all kind of engineering assistance in the pow industry field

1983 MAR 0 3



. draws up technical and final designs for thermal power plants, combined heat and power plants and thermal plants, substations and transformer posts, transmission electric lines

. carries out studies concerning power development and feasibility studies for power projects

. draws up current and long-term electrification plans for countries, regions and towns

. designs heat networks for urban and industrial purposes

. elaborates studies for establishing the power regime and safety operation

. elaborates methodologies and programmes concerning the planning and operation of the power system

. grants technical assistance in the field of analysis an programming

E 2039

MW

REFERÁLVA

9

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
SEPTEMBRIE 1982

energetica

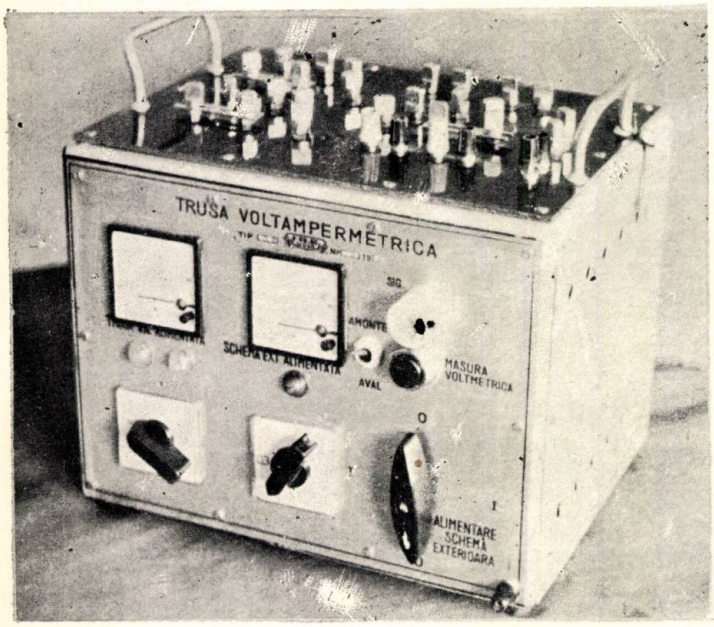
0 6 12 18 24

mee cire IRE DEVA

str.George Enescu nr.35–39 tel.15750

INTREPRINDEREA DE RETELE ELECTRICE-DEVA, prin atelierele sale de proiectare şi producţie, realizează o gamă largă de aparate de măsură pentru urmărirea proceselor tranzitorii în instalaţiile electrice, măsurarea rezistenţelor de contact, măsurarea tensiunilor, intensităţilor, rezistenţelor etc. pe care le poate pune la dispoziţia celor interesaţi, contra cost.

TRUSA VOLTAMPERMETRICA se foloseşte la măsurarea rezistenţelor de contact a întreruptoarelor sau comutatoarelor cu ploturi şi a înfăşurărilor transformatoarelor, sau a altor maşini electrice, prin metoda voltampermetrică, fiind destinată dotării echipelor PRAM precum şi echipelor de reparaţii, din staţii şi din posturi de transformare.



Caracteristici tehnice :

- tensiunea de alimentare (de la reţeaua de c. a.) : 220 V c. a.
- tensiunea de alimentare (de la sursa de c. c.) : 12 V c. c., 200-300 A
- tensiunea debitată : 0; 12 V ; 25 V ; 50 V; 75 V; 100 V
- curentul debitat : 0; 10 A; 40 A; 100 A
- gama de rezistenţe măsurate : 0002 - 300 ohmi
- greutate : 22 kg
- gabarit : 390 x 320 x 310 mm
- domeniul de temperatură : $-5^{o}C$ la $+30^{o}C$
- umiditate : max. 90 % la $20^{o}C$

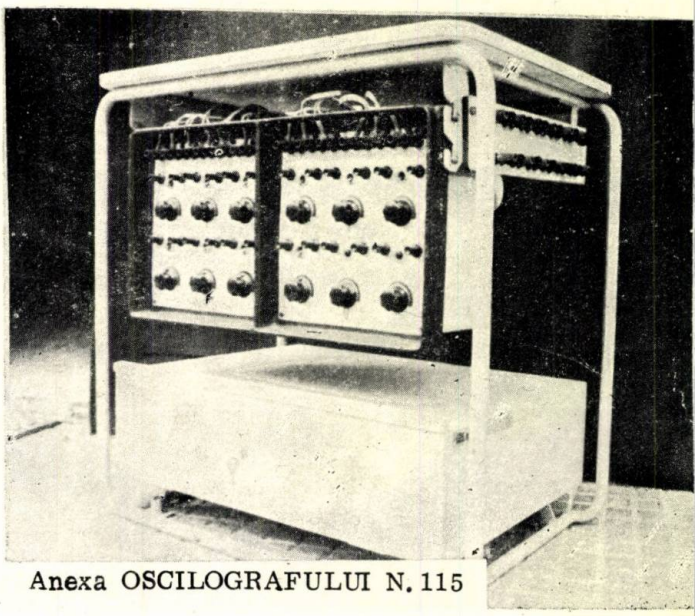
Anexa OSCILOGRAFULUI N. 115 se utilizează la urmărirea proceselor tranzitorii în instalaţiile electrice, asigurînd utilizarea oscilografului la capacitate maximă a aparatelor de măsură. Anexa defineşte domeniul de funcţionare a galvanometrelor, OSCILOGRAFULUI N. 115.

Caracteristici tehnice :

- aparatul poate lucra în circuite cu un curent maxim de 6 A şi o tensiune maximă de 600 V
- domeniul de temperatură: 5 - $35^{o}C$
- umiditate : max. 80 % la $20^{o}C$
- gabarit : 745 x 500 x 807 mm
- greutate : 50 kg

Aparatul este compus din :

- 2 cutii de şunturi şi rezistenţe adiţionale
- cărucior suport pentru oscilograf şi anexe
- placă de borne montată pe cărucior
- cutie de scule şi accesorii
- cordoane pentru realizarea conexiunilor



Anexa OSCILOGRAFULUI N. 115

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan**(redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M. Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. inş. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măcriş**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsbil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia: Bucureşti 74568. Bd. Energeticienilor 8, Sector 3,
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

ANUL 30 **9** SEPTEMBRIE 1982

Cuprinsul

Mesajul preşedintelui Republicii Socialiste România NICOLAE CEAUŞESCU adresat participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea". 405—406

Apelul participanţilor la simpozionul internaţional „Oamenii de ştiinţă şi pacea". 407

ARTICOLE

Gr. C. Ionescu

Scheme de recuperare a căldurii pierdute prin pereţi neizolaţi termic la cuptoarele industriale 408—416

C. C. Neaga

Caracteristicile constructive şi funcţionale ale schemei deschise cu buncăr intermediar de pregătire a prafului de combustibil solid (cu prezentare în limba engleză) 416—420

Fl. Predan:

Repartiţia pe diferite zone a consumului tehnologic înregistrat în reţelele de transport din sistemul electroenergetic 421—424

R. Enache

Aspecte ale determinării şi corelaţiei amplitudinii şi duratei frontului undelor de supratensiune 425—432

F. Vatră

Supratensiuni temporare generate de separarea bruscă de sarcini în circuite liniare 433—439

D. Cernomazu

Consideraţii privind proprietăţile codurilor grupelor de conexiuni determinate prin metoda curentului continuu 440—446

D. Spiridon

Determinarea preliminară a principalilor parametri hidroenergetici ai centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj 446—451

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 451—452

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim.	**Eleonora Ataman**	dr. ing	**M. Pomârleanu**
dr. ing	**J. Constantinescu**	dr. ing	**Gh. Popa**
ec.	**Ana Dobre**	ing.	**A. Roşu**
ing.	**T. Dragomir**	ing.	**V. Rugină**
ing.	**Angela Perea**	ing.	**I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2448

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Tc. nr. 137/6463/1982

41401

СОДЕРЖАНИЕ

К. Ионеску: Схемы по использованию тепла потерянного сквозь термически-неизолированных стен промышленных котлов 408

Фл. Нага: Строительные и функциональные характеристики открытой схемы по подготовке твердой топливной пыли с промеждуточным бункером 416

Фл. Предан: Зональные распределение технологического расхода зарегистрированного в электропередач электроэнергетической системы 421

Р. Энаке: Аспекты определения и соотношения амплитудыч с длительностью фронта волн перенапряжения 425

Ф. Ватрэ: Временные перенапряжения генерируемые внезапным выделением нагрузок в линейных цепях 433

Д. Черномазу: Некоторые соображения по вопросу свийств кодов групп связей определённых методом постоянного тока 440

Д. Спиридон: Предварительное определение главных гидроэнергетических параметров гидроаккуммулирующих электроприводов 446

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСИКЕ НОВОСТИ

INHALTSVERZEICHNIS

C. Ionescu : Rückgewinnungsschemen für die durch nichtwärmeisolierten Wänden der Industrieöfen verlorenen Wärme 408

C. Neaga : Bau- und Betriebskennzeichen des offenen Schemas zur Vorbereitung des festen Brennstoffstaubs mit Zwischenlagerung 416

Fl. Predan: Die Zonenaufteilung der aus den Übertragungsnetzen des Elektroenergiesystems zu technologischen Zwecken verbrauchten Energie 421

R. Enache: Aspekte der Bestimmung und der Wechselbeziehung zwischen der Amplitude und der Dauer der Überspannungs. wellenflanken 425

E. Vatră : Zeitweilige von plötzlichen Ladungsabtrennungen in Linearschaltungen ausgelöste Überspannungen 433

D. Cernomazu : Betrachtungen über die durch die Gleichstrommethode bestimmten Eigenschaften der Coden von Verbindungsgruppen 440

D. Spiridon : Die Vorbestimmung der wichtigsten wasserkraftwerlichen Kennwerte der Pumpspeicherwerke 446

TECHNISCH-WISSENNSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN

SOMMAIRE

C. Ionescu : Schémas de récuperation de la chaleur perdue par les parois des fours industriels sans isolation thermique 408

C. Neaga : Les caractéristiques constructives et fonctionnelles de la schéma ouverte de préparation de la poussière de combustible solide à bunker intermédiaire 416

Fl. Predan: Repartition sur des zones différentes de la consommation technologiques enrégistrée dans les réseaux de transport du système électroénergetique 421

R. Enache: Aspects de la détermination et de la corrélation de l'amplitude et de la durée du front des ondes de surtension 425

E. Vatră : Surtensions temporaires générées par la separation brusque des charges dans les circuits linéaires 433

D. Cernomazu : Considérations sur les proprietés des codes des groupes des connexions déterminées par la mèthode du courant continu 440

D. Spiridon : Détermination préliminaire des principaux paramètres hydroénergetiques des centrales hydroélectrique à accumulation par pompage 446

NOUVEAUTES TECHNICO-SCIENTIFIQUES

SUMMARIES

DC 621.365.5 : 621 – 68

C. Ionescu : **Schemes for the Recovery of Heat lost Through Thermally non-insulated Walls of Industrial Furnaces**

The article contains a recovery scheme for a part of the heat lost through the ceiling of an industrial furnace using a duct screen heat exchanger. The heat can bę used for hot water preparation, for low pressure steam or hot air for space heating.

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 408 – 416

DC 621.311.22/23 : 662.62

C. Neaga : **Construction and Functional Characteristics of the Open Preparation Scheme for Solid Fuel Dust with Intermediary Storage Tank**

After referring to the structure of the open preparation scheme for fuel dust with intermediary storage tank, a series of functional characteristics are outlines through a comparison with a closed scheme, underlining the theoretical temperature increase in the furnace and the decrease of heat losses from disposed burning gases. In the end the paper contains discussions about the usefulness of equipping boilers from our thermal power plants with such equipment.

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 416 – 420

DC 621.311 :621.315.1

Fl. Predan: **Zonal Repartition of Technological Consumption Registered Within the Electric Energy System Transport Networks**

A mathematical model is proposed which, starting from the information provided by the area under study at the end of the analyzed period should enable an insulation of the technological energy consumption adherent to the energy circulation for the area's own energy needs from those adherent to energy circulation for neighbouring areas needs.

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 421 – 425

DC 621.315.62.015.51 :621.311.4

R. Enache: **Aspects of Determination and Correlation of Overvoltage Waves Front Amplitude and Duration**

Some aspects of the determination of characteristic switching overvoltages values are analysed, stressing the repartition character and statistic parameters determination. The statistical correlation of the two random variables is analyzed as well : the front amplitude and duration. The need to consider the amplitude as well as the duration of overvoltages waves front when choosing the insulation is also outlined.

Energetica, 30 (1982) nr. 9, p. 425–432

DC 621.3.002.5 : 621.3.015.3

E. Vatră : **Temporary Overvoltages Generated by Sudden Load Separation in Linear Circuits**

The problem of temporary overvoltages from extra high voltage equipment is discussed with a special reference to load discharge in long lines networks.

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 433–439

DC 621.314.12

D. Cernomazu : **Considerations Regarding Code Properties of Connections Groups Determined Through the Continuous Current Method**

The paper analyzes the connection between the code properties of connections groups determined through the method of the continuous current and the properties of the connections groups belonging to triphasic electric transformers. It is to be noted that all numeric codes of connections groupes determined through the method of the continuous current accurately reflect the properties of the connections groups of triphasic electric transformers, of primary transformer clamps corresponding to the code matrix lines while the secondary clamps the columns of the same matrix. Regarding the properties of the numeric codes of the connections groups it is possible that the phenomena connected to the changing of connections groups at transformers should be studied directly according to the codes so that determinations on transformer or graphical constructions should not be needed any more.

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 440–446

DC 621.221.4

D. Spiridon : **Preliminary Estimation of Pumped-Storage Developments Hydroelectric Parameters**

The article shows how the main hydroelectric parameters of the pumped-storage developments may be determined. The evaluation between the fundamental parameters and the way they influence each other is analysed, having in view the hypotheses of pumped-storage power plants uninclu-ded in the national electrical system load curves. The formulae of the useful volume reports of weekly and daily cycle storage are deduced, function of pumping periods in working, and non-working days (t'_p, respectively t_p).

Energetica 30 (1982), nr. 9, p. 446–451

TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS

MESAJUL

Președintelui Republicii Socialiste România
NICOLAE CEAUȘESCU
adresat participanților la simpozionul internațional „Oamenii de știință și pacea"

Am deosebita plăcere să vă adresez dumneavoastră, participanților la simpozionul „Oamenii de știință și pacea" ce se deschide astăzi în București — personalități de seamă ale științei și tehnicii contemporane — un salut cordial și urări de succes în desfășurarea lucrărilor reuniunii, astfel încît ea să dea un impuls luptei forțelor înaintate de pretutindeni pentru progres și pace în lume.

Republica Socialistă România acordă o importanță de prim ordin activității științifice, pune cuceririle științei și culturii la baza a însești construcției orînduirii noi, socialiste, apreciind că acestea constituie un factor fundamental al progresului și civilizației.

Trăim epoca celui mai mare avînt al gîndirii științifice cunoscut de omenire de-a lungul mileniilor, a celei mai grandioase revoluții tehnico-științifice, marcată de descoperiri epocale ce au schimbat și schimbă radical reprezentările omului despre natură și societate, despre univers, influențează toate laturile existenței umane.

Asistăm, sub directa înrîurire a științei, la modificarea continuă a condițiilor producției materiale, la stăpînirea tainelor materiei și valorificarea tot mai eficientă a bogățiilor naturii, la sporirea capacității creatoare a popoarelor. Atît în sfera perfecționării forțelor de producție ale societății, cît și a gîndirii și creației spirituale, nici o națiune nu se mai poate dezvolta fără aportul științei și tehnicii înaintate, viitorul omenirii însuși nu mai poate fi conceput în afara marilor cuceriri ale gîndirii științifice.

Trebuie să spunem însă deschis că multe din marile descoperiri ale cercetării științifice și creației tehnice sînt folosite astăzi pentru producerea celor mai sofisticate arme de distrugere în masă, începînd cu arma atomică. În lume are loc o accentuare deosebit de îngrijorătoare a cursei înarmărilor, acumularea de arsenale militare în stare să distrugă întreaga planetă, să pună în pericol însăși viața umanității. Asistăm la agravarea încordării pe arena mondială, ca rezultat al politicii imperialiste de dominație, forță și dictat, se manifestă cu putere tendința de consolidare și reîmpărțire a zonelor de influență, se ascut contradicțiile între state și grupări de state.

În același timp, în lume se afirmă tot mai puternic voința popoarelor de a trăi libere, de a se dezvolta de sine stătător, de a pune cu desăvîrșire capăt colonialismului și neocolonialismului, oricăror forme de asuprire, de a asigura înnoirea democratică, progresistă a societății, bunăstarea maselor largi muncitoare, de a instaura pe arena mondială relații cu adevărat noi, de egalitate deplină între țări, de destindere, colaborare și pace.

România socialistă acționează cu toată hotărîrea pentru dezvoltarea relațiilor cu toate statele, fără deosebire de orînduire socială. Așezăm la baza relațiilor cu toate țările principiile deplinei egalități în drepturi, respectului neabătut al independenței și suveranității naționale, neamestecului în treburile interne, renunțării la forță și la amenințarea cu forța. Considerăm că trebuie să se facă totul pentru oprirea agravării situației mondiale, pentru soluționarea tuturor problemelor dintre state numai pe calea tratativelor, pentru reluarea și continuarea politicii de destindere și pace.

În actualele împrejurări internaționale grave, oamenilor de știință le revine o uriașă răspundere față de prezentul și viitorul omenirii. Nimeni nu cunoaște mai bine decît savanții, cercetătorii, forța de distrugere a armelor moderne, pericolul pe care îl reprezintă continuarea cursei înarmărilor pentru cauza civilizației, pentru securitatea popoarelor, pentru însăși viața omenirii.

Astăzi se pune problema de conștiință de a alege între politica de intensificare a cursei înarmărilor, de producere de noi arme nucleare de distrugere în masă și politica de dezarmare, de destindere și pace.

Nu poate exista o cale de mijloc!

Este evident că oamenii de știință, care înțeleg foarte bine forța de distrugere a armelor și, în primul rînd, a armamentelor nucleare, nu pot fi decît de partea politicii de dezarmare și de pace. Iată de ce, mai mult ca oricînd, oamenii de știință au înalta îndatorire de a-și ridica glasul hotărît și de a face totul pentru ca minunatele cuceriri ale geniului uman să nu mai slujească fabricării armelor de nimicire în masă, pregătirilor de război, politicii de agresiune, de forță și dominație. Menirea cea mai nobilă a savanților, a cercetătorilor din toate domeniile și de pretutindeni este de a face ca întregul potențial al științei și tehnicii contemporane să fie consacrat progresului, bunăstării, libertății și independenței popoarelor, asigurării dreptului suprem al oamenilor la viață, la pace.

Este necesar să se acționeze cu cea mai mare energie și hotărîre pentru oprirea cursei înarmărilor, pentru dezarmare și, în primul rînd, pentru dezarmare nucleară, pentru oprirea amplasării și dezvoltării de rachete cu rază medie în Europa, împotriva producerii armei cu neutroni, pentru diminuarea bugetelor și efectivelor militare, pentru renunțarea cu desăvîrșire la folosirea forței sau a amenințării cu forța în viața internațională, pentru făurirea unei lumi fără arme și fără războaie.

Subdezvoltarea face ca majoritatea populației globului să trăiască în înapoiere, ca aproape o jumătate de miliard de oameni să sufere în mod cronic de foame. De aceea trebuie instaurată o nouă ordine economică internațională, care să asigure accesul neîngrădit al tuturor popoarelor și, în primul rînd, al celor rămase în urmă, la minunatele cuceriri ale geniului uman, circulația liberă a cunoștințelor și descoperirilor, transformarea științei într-un bun al întregii umanități.

În condițiile amplificării crizei economice mondiale, un rol deosebit de important poate să-l joace știința în descoperirea și valorificarea de noi surse energetice și de materii prime și în punerea lor la îndemîna popoarelor, în fertilizarea și sporirea randamentului pămîntului și soluționarea marii probleme a alimentației. Ea are datoria să-și aducă contribuția la ocrotirea sănătății maselor de pretutindeni, la combaterea poluării, ameliorarea mediului ambiant, ocrotirea valorilor naturii, la transformarea întregii noastre planete într-o adevărată grădină înfloritoare care să asigure o viață demnă pentru toate popoarele.

Oamenii de știință și tehnică din România, profund devotați intereselor poporului, își consacră întreaga energie prosperității economico-sociale a patriei și, totodată, conlucrează activ cu oamenii de știință din celelalte țări în lupta pentru progres, pentru dezarmare, pentru apărarea dreptului fundamental al tuturor națiunilor la existență, pace și libertate.

În zilele noastre, rolul fundamental în determinarea cursului istoriei îl au popoarele, masele largi populare de pretutindeni. Locul oamenilor de știință, vital interesați în cauza progresului și păcii, este alături de popoarele care luptă pentru apărarea vieții și muncii lor pașnice, pentru dreptul de a-și făuri destinul în mod liber, fără nici un amestec sau presiune din afară, de a-și consacra resursele și energia în scopul propriei propășiri materiale și spirituale. Indiferent de deosebirile de concepții filozofice, politice, religioase, oamenii de știință trebuie să-și unească tot mai strîns rîndurile și, împreună cu forțele iubitoare de pace, antiimperialiste, de pretutindeni, să se ridice împotriva politicii imperialiste, de dominație, împotriva războiului, pentru o lume a dreptății, egalității și păcii.

Mai mult ca oricînd se impune organizarea unui puternic front mondial al oamenilor de știință care să acționeze și să-și spună cuvîntul autorizat la Organizația Națiunilor Unite, la Conferința de dezarmare și în alte organisme internaționale în legătură cu dezarmarea și asigurarea unei păci trainice pe planeta noastră.

Avem ferma convingere că acțiunea unită a oamenilor de știință și cultură, a oamenilor muncii, a forțelor progresiste, a tuturor popoarelor va putea opri cursa înarmărilor și determina trecerea la dezarmarea generală, în primul rînd la dezarmarea nucleară.

Să facem totul pentru a asigura copiilor și nepoților noștri, generației noastre și generațiilor viitoare pacea, libertatea și fericirea, într-o lume fără războaie, mai umană, mai dreaptă și mai bună!

Cu aceste gînduri, îmi exprim convingerea că importanta reuniune de la București va avea un profund ecou în conștiința cercetătorilor și savanților de pretutindeni și vă adresez tuturor cele mai calde urări de succes, de satisfacții în nobila activitate consacrată progresului științei, precum și cauzei colaborării, păcii și independenței popoarelor.

NICOLAE CEAUȘESCU

Președintele Republicii Socialiste România

APELUL

participanților la simpozionul internațional „Oamenii de știință și Pacea"

Întruniți la București, în zilele de 4 și 5 septembrie 1981, în cadrul simpozionului „Oamenii de știință și pacea", spre a dezbate, într-un amplu și fructuos dialog, problema fundamentală a contemporaneității — pacea — țelul nobil al întregii omeniri, noi, oamenii de știință din numeroase țări ale lumii, de pe toate continentele, conștienți de gravele pericole care le reprezintă pentru omenire înarmările, de contribuția pe care știința și slujitorii ei o pot aduce la oprirea cursei înarmărilor, la progresul continuu și viitorul întregii lumi, adresăm savanților, cercetătorilor și intelectualilor de pretutindeni, tuturor popoarelor, vibranta chemare de a-și uni eforturile și a conlucra tot mai strîns pentru apărarea păcii — bunul suprem al umanității.

Epoca noastră cunoaște nu numai ascensiunea vertiginoasă a științei și tehnicii, marcată de grandioase descoperiri care influențează toate domeniile existenței umane, dar, totodată, cunoaște și acțiuni anacronice, contrare intereselor omenirii, de folosire a rezultatelor științei și tehnicii în scopuri distructive, dăunătoare păcii și libertății popoarelor. Traversăm o perioadă cînd omenirea este confruntată cu probleme de o deosebită complexitate, cînd asistăm la o nouă și frenetică cursă a înarmărilor, la creșterea fără precedent a bugetelor militare, la fabricarea și perfecționarea de noi mijloace de nimicire în masă, ceea ce agravează profund situația internațională, împovărează tot mai greu popoarele, amplifică pericolul declanșării unor conflagrații, care pot distruge viața întregii planete, însăși civilizația făurită de-a lungul mileniilor.

Pe deplin conștienți de faptul că responsabilitatea oamenilor de știință, în alternativa pace sau război, nu este decît una — aceea de a apăra pacea, să spunem un NU hotărît războiului și înarmărilor, aceasta constituind nu numai datoria noastră morală, ci și o condiție a existenței întregii omeniri. Chemăm pe toți slujitorii științei, indiferent de convingerile lor politice, filozofice, religioase sau de altă natură, să acționeze, împreună cu popoarele țărilor lor, pentru a opri agravarea situației internaționale, politica de înarmări, pentru reluarea și continuarea neabătută a cursului spre destindere, pace și o largă colaborare internațională!

Să acționăm acum, cînd nu e prea tîrziu, în acest ceas de mare răspundere pentru destinele omenirii, pentru încetarea cursei înarmărilor, pentru trecerea la dezarmare și în primul rînd la dezarmare nucleară, pentru făurirea unei lumi fără arme și fără războaie, pentru apărarea dreptului fundamental al omului și al popoarelor—dreptul la viață, la pace.

Noi, oamenii de știință care cunoaștem mai bine ca oricine forța de distrugere a armelor moderne, uriașul pericol ce-l reprezintă acestea pentru securitatea popoarelor, pentru însăși viața omenirii, să ne unim și mai puternic forțele, să acționăm ferm împotriva utilizării energiei atomice în alte scopuri decît cele pașnice! Să facem totul pentru ca imensul potențial al cercetării științifice și tehnice să nu fie folosit pentru producerea de arme, ci să contribuie exclusiv la dezvoltarea economică și la progresul fiecărei țări, la conservarea a tot ceea ce a făurit mai bun geniul uman, la crearea de noi și importante valori!

În condițiile de astăzi, cînd pe plan mondial există numeroase probleme de ordin economic, social și politic, nouă, oamenilor de știință ne revine înalta îndatorire de a ne spori tot mai mult contribuția la soluționarea acestora în interesul propășirii tuturor națiunilor. Să folosim descoperirile noastre pentru lichidarea marilor decalaje dintre țările bogate și sărace ale lumii, înlăturarea stării de subdezvoltare în care se află circa două treimi din populația planetei, eradicarea subnutriției și a maladiilor care continuă să secere milioane de vieți omenești, ca și pentru protecția mediului înconjurător și conservarea lui în beneficiul generațiilor viitoare! Să depunem toate eforturile pentru descoperirea de noi resurse energetice și de materii prime, pentru rezolvarea problemelor legate de alimentație, apă, sănătate și a altora de care depind progresul și viitorul întregii umanități! Să militäm în modul cel mai ferm împotriva oricăror îngrădiri ale circuitului mondial de valori științifice și culturale, pentru ca de minunatele cuceriri ale științei și tehnicii să beneficieze larg toate popoarele, pentru transformarea cu adevărat a științei într-un bun al întregii umanități!

În zilele noastre, pacea și securitatea internațională creează cele mai favorabile condiții pentru progresul economic și social, pentru folosirea cuceririlor geniului uman, a impresionantei revoluții tehnico-științifice contemporane, spre binele tuturor oamenilor de pe pămînt. Tocmai de aceea, orice efort, orice strădanie, orice acțiune, fie din partea unor asociații științifice și culturale, a unor organisme obștești și persoane particulare, fie din partea oamenilor politici, a guvernelor și parlamentelor, avînd menirea să contribuie la apărarea și consolidarea păcii, la cauza colaborării internaționale pașnice, pe baza respectării independenței și suveranității naționale, egalității în drepturi, neamestecului în treburile interne și avantajului reciproc, trebuie apreciate și sprijinite cu toată tăria, pentru ca aspirațiile legitime ale popoarelor, ale tuturor oamenilor, care au conștiința responsabilității față de destinul civilizației lumii, să-și găsească împlinirile.

Adresăm oamenilor de știință, asociațiilor lor naționale și internaționale chemarea de a organiza forme adecvate de cooperare, pe deasupra deosebirilor naționale, ideologice sau politice, pentru a asigura ca știința să fie utilizată exclusiv potrivit vocației sale umaniste. În acest scop am constituit un Comitet internațional de inițiativă, chemat să inițieze acțiuni ale oamenilor de știință pentru dezvăluirea pericolelor pe care le prezintă cursa frenetică a înarmărilor, în primul rînd a înarmărilor nucleare, pentru informarea opiniei publice asupra acestor pericole și elaborarea de măsuri concrete în vederea preîntîmpinării lor, pentru pregătirea unui Congres mondial al oamenilor de știință în sprijinul păcii. Adresăm slujitorilor științei, intelectualității de pretutindeni chemarea de a se alătura acestui comitet, a acționa împreună cu noi în această nobilă activitate dedicată păcii, a face totul ca opiniile noastre să se facă auzite la Organizația Națiunilor Unite, la Conferința pentru dezarmare de la Geneva, în toate forurile internaționale care dezbat problemele dezarmării, ale păcii, securității și cooperării internaționale.

Pătrunși de răspunderea pe care o avem în fața științei și a umanității, conștienți fiind că nu putem construi un viitor acceptabil fără un prezent al păcii, să ne mobilizăm puterea de convingere, forța de argumentare, pentru a determina pe adepții înarmării să-și schimbe opțiunile, pentru a influența guvernele, parlamentele, pe oamenii politici să promoveze o politică de pace, înțelegere și colaborare, să renunțe cu desăvîrșire la folosirea forței și la amenințarea cu forța, asigurînd soluționarea tuturor problemelor litigioase numai și numai pe cale pașnică, prin tratative!

Să facem totul ca fondurile cheltuite pentru înarmări, imensele bugete militare să fie folosite pentru înfăptuirea programelor de dezvoltare social-economică a fiecărei țări, pentru sprijinirea popoarelor din țările subdezvoltate în eforturile lor de progres, pentru făurirea unei lumi mai drepte și mai bune, ferită de amenințarea războiului!

Să slujim cu înalt devotament nobilele idealuri ale păcii, să ne facem datoria față de propria noastră conștiință, față de contemporanii noștri, față de comandamentele supreme ale umanității, să oferim omenirii o perspectivă pe măsura aspirațiilor ei scumpe, a forței sale de creație, să ne dovedim la înălțimea a tot ceea ce a făurit mai de preț civilizația umană de-a lungul secolelor!

Avem ferma convingere că, unindu-ne forțele, intensificînd conlucrarea noastră, știința va deveni cu adevărat o armă a vieții, astfel încît toate popoarele să-și poată spori contribuția la patrimoniul cunoașterii universale, ca pacea, securitatea și colaborarea să triumfe pe planeta noastră!

București, 5 septembrie 1981.

Participanții la simpozionul internațional „Oamenii de știință și pacea"

Scheme de recuperare a căldurii pierdute prin pereți neizolați termic la cuptoarele industriale

Ing. Gr. C. Ionescu*)

După cum rezultă din literatura de specialitate [1], în țările puternic industrializate se consumă pentru procesele tehnologice mai mult de 50% din combustibilul utilizat în scopuri industriale. Randamentele termice la topirea oțelului în cuptoarele cu baie sînt de 15—50%, iar la tratamentul termic al oțelului de 20—35%.

Una dintre cauzele acestor randamente scăzute o constituie pierderile de căldură prin pereți care nu se izolează termic. Asemenea pereți se întîlnesc la cuptoarele de topit, încălzit sau tratat termic oțelul, care funcționează cu temperaturi mari, în regim termic continuu și de șoc termic, precum și la cuptoarele cu temperaturi mari și funcționare intermitentă, cum sînt cuptoarele Siemens-Martin, cuptoarele rotunde: cubilouri, focare pentru uscătoare și turbine cu gaze, furnale etc. Se menționează că asemenea cuptoare se găsesc în toate ramurile industriale [7]. Pereții neizolați sînt constituiți în majoritate din bolți și pereți rotunzi.

În figura 1 se prezintă o secțiune printr-un cuptor cu cameră de încălzire a metalului care funcționează la temperaturi mari, de 900—1200°C. Pereții laterali ai acestui cuptor sînt construiți din mai multe straturi: un strat refractar dens, un strat termoizolator ușor și o carcasă metalică, căptușită cu placă de azbest. Ca urmare a acestei izolări termice, temperatura exterioară a peretelui este sub 50°C, corespunzînd normelor de protecție a muncii [10], iar pierderile de căldură prin acești pereți sînt neglijabile [4]. Bolta cuptorului este constituită numai dintr-un strat refractar dens, rezultînd o temperatură a suprafeței exterioare de 300—600°C și pierderi de căldură în mediul exterior foarte mari. Asemenea structuri de cuptoare se întîlnesc des în literatura de specialitate [7, 4, 2]. În mod similar, pereții unor cuptoare rotunde care funcționează cu

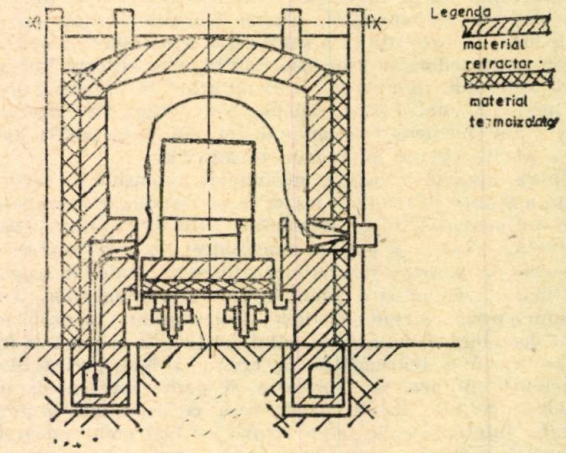


Fig. 1. Secțiune printr-un cuptor cu cameră de încălzire.

temperaturi mari [7] sînt construiți din material refractar dens (fig. 2).

Numărul mare de cuptoare echipate cu pereți neizolați termic care consumă în majoritate combustibili superiori face ca aceste pierderi de căldură să fie importante din punct de vedere economic.

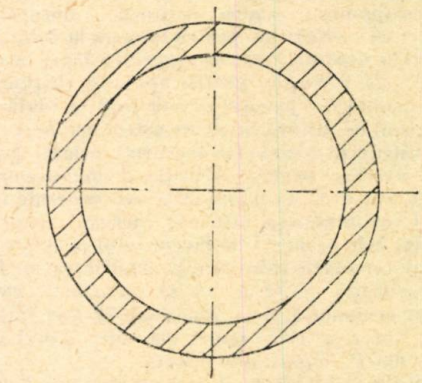


Fig. 2. Secțiune printr-un cuptor rotund.

1. Aspecte teoretice privind transferul de căldură prin pereții cuptoarelor industriale

În figura 3 *a* este dată schema unui perete neizolat termic, constituit numai dintr-un strat refractar dens, iar în figura 3 *b* este dată schema unui perete construit dintr-un strat refractar dens și un strat termoizolator ușor. În scheme

*) Ing. Constantin Gr. Ionescu este inginer proiectant la Uzinele „23 August" — București.

sînt redate diagramele de variație a temperaturii în pereți. Temperatura medie a stratului refractar dens din figura 3 *b* este mai mare decît temperatura medie a stratului refractar dens din figura 3 *a*. Schemele din figurile 3 *a*

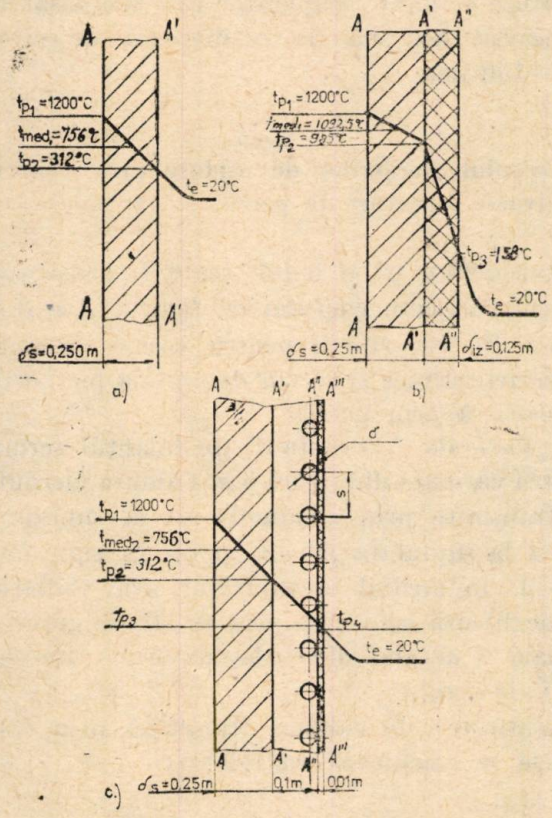


Fig. 3. Scheme de pereți de cuptoare.

și 3 *b* se găsesc în majoritatea lucrărilor de specialitate [2, 4]

Cuptoarele care funcționează cu temperaturi sub 700°C au pereți rotunzi și bolți construite conform cu schema din figura 3 *b*. La cuptoarele care funcționează cu temperaturi mari, de circa 700—1400°C, situația se prezintă astfel : în cazul în care se utilizează bolți sau pereți rotunzi, ca în figura 3 *b*, creșterea temperaturii medii a stratului refractar dens duce la arderea sau la distrugerea acestuia, datorită dilatărilor mari care sînt împiedicate de stratul termoizolator. Creșterea temperaturii medii a acestui strat duce și la un consum mărit de combustibil [2]. Asemenea pereți rotunzi sau bolți au durată scurtă de funcționare, necesitînd reparații dese, cu consumuri mari de manoperă și materiale. Din această cauză, în industrie, multe asemenea cuptoare sînt echipate cu bolți sau cu pereți rotunzi, construiți numai dintr-un strat refractar dens, ca în figura 3 *a*. Datorită temperaturii medii mai mici a stratului refractar dens, durata de funcționare a acestora este mult mai mare, reducînd numărul de reparații și consumurile de manoperă și materiale, aferente lor. Dar această structură de perete se caracterizează prin mari pierderi de căldură prin radiație în mediul exterior, care trebuie reduse.

2. Preocupări pentru reducerea pierderilor de căldură prin pereții cuptoarelor industriale

În multe țări puternic industrializate se fac încercări pentru reducerea pierderilor de căldură prin pereții cuptoarelor industriale, cum sînt :

— Perfecționarea materialului termoizolator ușor sub formă de fibră ceramică. Utilizarea acesteia are eficiență mare la cuptoarele cu temperatură sub 700°C, în timp ce la cuptoarele cu temperaturi mari, cu funcționare continuă și în regim de șoc termic, eficiența este redusă [5]. Cauza o constituie conductibilitatea termică a fibrei ceramice, care crește o dată cu temperatura, așa cum rezultă din figura 4, reprodusă după [6]. La temperaturi mari, conductibilitatea termică a fibrei ceramice ajunge egală cu cea a stratului refractar dens, pierderile de căldură în mediul înconjurător menținîndu-se la valori ridicate. Din această cauză, fibra ceramică nu este indicată la cuptoarele menționate. Utilizarea fibrei ceramice la cuptoarele cu funcționare intermitentă și temperaturi mari are eficiență mai mare, deoarece consumul de căldură pentru încălzirea volumului de fibră ceramică este mai redus față de alte izolații

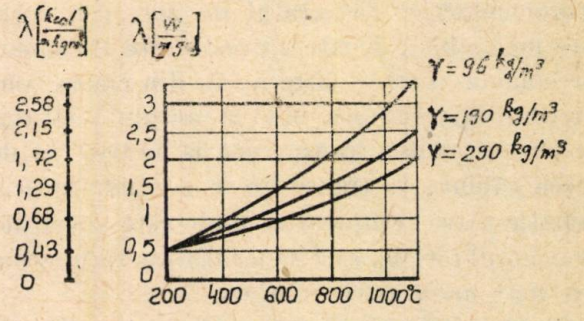


Fig. 4. Diagrama $\lambda = f(t)$ pentru fibra ceramică.

termice, datorită greutății specifice mici a acesteia [5]. Totuși, la cuptoarele rotunde și cu bolți suspendate din această categorie nu se utilizează pînă în prezent fibră ceramică

[7], din cauză că sînt necesare dispozitive mecanice complicate și rezistente la temperatură.

Uneori se utilizează diferite sisteme de răcire [1].

— Realizarea de bolți sau de pereți rotunzi din materiale refractare dense, rezistente la temperaturi mari, cum sînt silimanitul [2], betoanele refractare cu silicat de sodiu, bariu, și magneziu [3], mărește durata de funcționare a acestora, dar nu înlătură pierderile de căldură mari în mediul exterior. În plus, materialele menționate sînt scumpe și duc la structuri complicate.

— Diferite încercări de a realiza bolți duble sau cu canale pentru încălzirea aerului nu s-au dovedit a fi eficiente și s-a renunțat la ele [2]. Cauza o constituie lipsa unui transfer intensificat de căldură și prețurile mari ale unor echipamente.

3. Noi structuri de pereți cu recuperarea căldurii

În întreprinderea „23 August"—București s-au realizat la șase cuptoare cu funcționare continuă, la temperaturi mari și în regim de șoc termic, structuri de bolți și pereți rotunzi conform cu figura 3 *c*. Acești pereți sînt constituiți din următoarele elemente: un strat refractar dens, un strat de aer cu grosime mică și un perete subțire, din material termoizolator ușor. În stratul de aer, tangent cu peretele termoizolator, se așază un recuperator de căldură prin radiație, constituit dintr-un rînd de țevi prin care circulă apa sau aerul. Prin stratul refractar dens, căldura se transmite prin conducție. În stratul de aer, convecția este neglijabilă, deoarece acesta este staționar, iar conducția este foarte mică, din cauza conductibilității termice mici a aerului; stratul de aer este însă transparent la radiații și de aceea căldura se transmite în continuare prin radiație către recuperator, unde este absorbită de agentul termic, care se încălzește, recuperînd cea mai mare parte din ea.

Se menționează că transmiterea de căldură de la bolta sau peretele rotund la piesele metalice introduse în cuptor este un fenomen superficial, care depinde numai de temperatura și de mărimea suprafețelor interioare ale bolții și pereților, de coeficienții de emisivitate ai materialelor, și nu de temperatura medie a stratului refractar [9]. Din această cauză structurile de pereți din figura 3 *a*, 3 *b*, 3 *c* au același efect termotehnologic.

Recuperatorul din figura 3 *c* nu răcește bolta, deoarece ecranul recuperator este amplasat în exteriorul acesteia, la o distanță de circa 100—150 mm.

4. Calculul pierderilor de căldură prin radiație la diverse structuri de pereți

Considerăm că o boltă poate fi construită în trei variante, conform cu figurile 3 *a*, 3 *b*, și 3 *c*. Se vor stabili pentru aceste variante bilanțuri termice și se vor determina pierderile de căldură prin pereți.

4.1. *Varianta 1.* Se stabilește bilanțul termic pentru varianta din figura 3 *a*. Căldura pierdută se transmite prin conducție de la suprafața $A-A$ la suprafața $A'-A'$ și de la suprafața $A'-A'$ în mediul înconjurător, prin radiație. Se neglijează convecția prin circulație gravitațională a aerului din hală, datorită vitezelor mici ale acestuia.

Cantitatea de căldură transmisă prin conducție se calculează cu relația:

$$Q_c = \frac{S(tp_1 - tp_2)}{\delta_s/\lambda_s}, \quad \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\,(\text{W}) \qquad (1)$$

unde

tp_1 este temperatura suprafeței interioare a peretelui, °C;

tp_2 — temperatura suprafeței exterioare a peretelui, °C;

S — suprafața bolții, m²;

δ_s — grosimea peretelui, m²;

λ_s — conductibilitatea termică, kcal/mh°C sau W/m°C.

Cantitatea de căldură transmisă prin radiație de la suprafața $A'-A'$ este:

$$Q_{RI} = \varepsilon_p\, C \left[\left(\frac{tp_2 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100}\right)^3\right] S, \quad \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\,(\text{W}) \qquad (2)$$

unde

ε_p este coeficientul de emisivitate al stratului refractar;

te — temperatura mediului exterior, °C;

C — coeficient de emisivitate al corpului negru egal cu :

$$4{,}9\left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{K}^4}\right) = 5{,}67\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^{2\circ}\text{K}^4}\right)$$

Bilanţul termic la suprafaţa $A'-A'$ este :

$$Q_c = Q_{RI} \tag{3}$$

Înlocuind relaţiile (2) şi (1) în (3) rezultă :

$$\frac{tp_1 - tp_2}{\delta_s/\lambda_s} = \varepsilon_p C\left[\left(\frac{tp_2 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100}\right)^4\right] \tag{4}$$

Coeficientul de cedare a căldurii prin radiaţie este :

$$\alpha_R = \frac{Q_{RI}}{S(tp_1 - tp_2)} \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^{2\circ}\text{C}}\right) \tag{5}$$

Prin combinarea relaţiei (3) cu relaţiile (1), (2), (5) rezultă :

$$Q_c = Q_{RI} = \frac{S(tp_1 - tp_2)}{\delta_s/\lambda_s} = \frac{S(tp_2 - te)}{1/\alpha_R} = \frac{S(tp_1 - te)}{\delta_s/\lambda_s + 1/\alpha_R} \tag{6}$$

Temperatura exterioară a peretelui se determină cu relaţia :

$$tp_2 = tp_1 - \frac{\delta_s}{\lambda_s}\, q_{rI} \tag{7}$$

unde

$$q_{rI} = Q_{RI}/S \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}}\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$$

4.2. *Varianta 2.* Se stabileşte bilanţul termic pentru varianta din figura 3 *b*. Căldura pierdută prin boltă se transmite prin conducţie de la suprafaţa $A-A$ la suprafaţa $A''-A''$, iar de la suprafaţa $A''-A''$ în mediul exterior prin radiaţie.

Cantitatea de căldură transmisă prin conducţie se calculează cu relaţia :

$$Q_c = \frac{S(tp_1 - tp_3)}{\frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}} \quad \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\,(\text{W}) \tag{8}$$

unde

δ_{iz} este grosimea stratului termoizolator, m ;

λ_{iz} — coeficientul de conductibilitate termică al stratului termoizolator, hcal/mh°C sau W/m°C;

tp_3 — temperatura suprafeţei exterioare a stratului termoizolator uşor, °C.

Cantitatea de căldură transmisă prin radiaţie este :

$$Q_{RII} = \varepsilon_p C\left[\left(\frac{tp_3 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100}\right)^4\right] S\,\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\,(\text{W}) \tag{9}$$

Bilanţul termic la suprafaţa $A''-A''$ este

$$Q_c = Q_{RII} \tag{10}$$

Înlocuind relaţiile (8) şi (9) în (10) rezultă :

$$\frac{tp_1 - tp_3}{\delta_s/\lambda_s + \delta_{iz}/\lambda_{iz}} = \varepsilon_p C\left[\left(\frac{tp_3 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100}\right)^4\right] \tag{11}$$

Coeficientul de cedare a căldurii prin radiaţie este :

$$\alpha_R = \frac{Q_{RII}}{S(tp_3 - te)} \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^{2\circ}\text{C}}\right) \tag{12}$$

Prin combinarea relaţiei (10) cu relaţiile (9), (8) şi (12) rezultă :

$$Q_c = Q_{RII} = \frac{S(tp_1 - te)}{\delta_s/\lambda_s + \delta_{iz}/\lambda_{iz} + 1/\alpha_R} \quad \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\,(\text{W}) \tag{13}$$

Temperatura tp_2 a suprafeţei dintre straturile refractar şi termoizolator se determină cu relaţiile :

$$tp_2 = tp_1 - \frac{\delta_s}{\lambda_s}\, q_{rII} \tag{14}$$

$$tp_3 = tp_2 - \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}}\, q_{rII}, \tag{15}$$

unde

$$q_{rII} = \frac{Q_{RII}}{S} \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$$

4.3. *Varianta 3.* Se stabileşte bilanţul termic pentru varianta din figura 3 *c*. Întrucît aerul

are conductibilitate termică foarte mică, diagrama de temperatură din figura 3 *c* ar trebui să fie apropiată de diagrama din figura 3 *b*, caracterizată printr-o temperatură medie mare a stratului refractar, însă introducerea recuperatorului de radiație, prin care circulă agentul termic avînd temperatura inițială apropiată de cea din hală și temperatura medie de circa 40°C, modifică alura diagramei de temperatură din figura 3 *c*, apropiind-o de alura diagramei din figura 3 *a*, caracterizată prin temperatură medie mai mică a stratului refractar. În aceste condiții, bilanțul termic pentru diagrama din figura 3 *c* este același cu bilanțul termic pentru diagrama din figura 3 *a*.

Cantitatea de căldură pierdută de boltă și captată de recuperator se determină cu relația :

$$Q_{RR} = \varphi_0 \varphi_{12} \varepsilon_{12} SC \left[\left(\frac{tp_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (16)$$

unde

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{1/\varepsilon_p + 1/\varepsilon_{as} - 1} \quad (17)$$

ε_{as} — coeficientul de emisivitate al peretelui termoizolator ;

φ_0 — coeficientul mediu de radiere reciprocă între suprafețele bolții și stratul termoizolator subțire ;

φ_{12} — coeficientul mediu de radiere reciprocă între peretele termoizolator și țevile cu diametrul d și pasul s.

Pierderea de căldură în mediul înconjurător va fi diferența dintre căldura pierdută în varianta *1*, Q_{RI}, și căldura captată de recuperator, adică :

$$Q'_R = Q_{RI} - Q_{RR}$$

5. Aplicarea soluției de recuperare a căldurii pierdute prin pereți neizolați termic la cuptoarele industriale

Recuperatoarele din figura 3 *c* au fost aplicate în întreprinderea „23 August" la șase cuptoare cu debite instalate de circa 100—200 Nm³/h, care funcționează cu temperatura de +1200°C în regim continuu și de șoc termic, urmînd să se extindă și la alte cuptoare similare.

Calculul pierderilor de căldură prin bolta unui asemenea cuptor cu debitul instalat de 200 Nm³/h, în cazurile în care bolta ar avea structurile de pereți din figurile 3 *a*, 3 *b* și 3 *c*, se prezintă în tabelul 1.

Tabelul 1

Calculul pierderilor de căldură și al cantităților de căldură recuperate pentru structurile de pereți din figurile 3*a*, 3*b* și 3*c*

Formule			Date									Pierderi de căldură	Alte rezultate				Căldură recuperată
pentru calculul pierderilor de căldură	pentru calculul ε	pentru calculul căldurii recuperate	δ_s, m	λ_s, kcal/mh°C	δ_{iz}, m	λ_{iz}, kcal/mh°C	tp_1, °C	ε	S, m²	C, kcal/m²h°K	$\varphi_0 \cdot \varphi_{12}$	Q_R, kcal/h (W)	tp_2, °C	tp_3 °C	α_R, kcal/m²h°C	t_{med_1} °C	t_{med_2} °C	Q_{RR}, kcal/h (W)
Varianta 1																		
(1), (2), (3), (4)	ε_p	—	0,25	1,15	—	—	1200	0,75	18	4,9	—	73523,4 (85492, 4)	312	—	14	756	—	—
Varianta 2																		
(8), (9), (10), (11)	ε_p	—	—	—	0,125	0,15	1200	0,75	18	4,9	—	17926,65 (20844,94)	984	158	7,2	1092	89	—
Varianta 3																		
(1), (2), (3), (4), (18)	(17)	(16)	0,25	1,15	—	—	1200	0,75	18	4,9	1×0,92	8218,65 (9556,56)	312	—	—	756	—	65304,88 (75935,9)

Așa cum rezultă din acest tabel, la bolta cu structura conform cu figura 3 *c* se recuperează o cantitate de căldură egală cu 65 304,8 kcal/h. Pierderea de căldură în mediul exterior scade de la 73523,4 kcd/h în varianta *1* (fig. 3 *a*), la 17926,65 kcal/h în varianta *2* (fig. 3 *b*), la 8218,65 kcal/h în varianta *3* (fig. *3 c*).

În tabelul 2 este dat bilanțul termic al cuptorului menționat. Rezultă din tabel că introducerea recuperării primare, care încălzește aerul de combustie, mărește randamentul termic cu 1,5%, iar recuperarea pierderilor de căldură prin bolta neizolată termic mărește randamentul energetic global în plus cu 4,2%. Gazele de ardere de la zece cuptoare sînt colectate într-un canal de gaze comun, echipat cu un cazan recuperator care livrează abur saturat de presiune joasă. Cota de creștere a randamentului energetic global ce revine la cuptorul analizat este de 3,9%. În figura 5 este dată diagrama Sankey pentru acest cuptor.

Trebuie menționate următoarele caracteristici ale cuptorului prezentat :

a) Datorită infiltrării aerului cald în canalele de gaze înainte de recuperatoare, excesul de aer crește de la 1,1 la 2,5, putînd fi și mai mare [13], iar debitul de gaze de ardere crește de la 10,45 N m^3 gaze de ardere/Nm^3 combustibil la 24,75 Nm^3 gaze de ardere/Nm^3 combustibil. Ca urmare a acestui fapt, precum și datorită pierderilor de căldură din zona camerei de încălzire, temperatura gazelor de ardere scade de la 1 300°C, deasupra piesei încălzite, la 300—400°C la intrarea în recuperator.

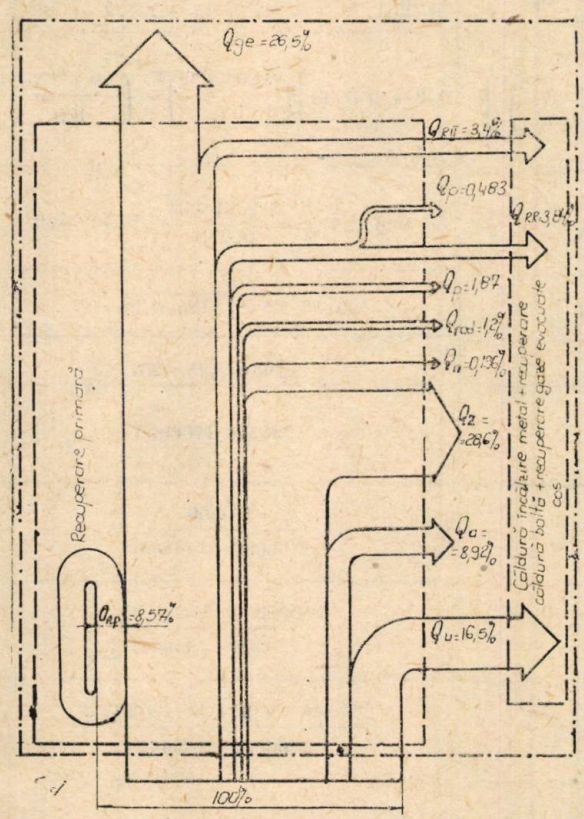


Fig. 5. Diagrama Sankey pentru un cuptor cu funcționare continuă și recuperare complexă a căldurii.

b) Componentele bilanțului termic au fost stabilite conform [2]. Cuptorul este prevăzut cu reglaj automat al temperaturii de încălzire.

c) Pentru $a = \sqrt{18} = 4{,}24$ m și $H = 0{,}1$ m rezultă din [12] $\Phi_0 = 1$.

d) Pentru $d = 0{,}25$ m și $s/d = 1{,}3$ rezultă din [8] $\Phi_{12} = 0{,}92$.

Recuperatoarele prin radiație montate la cele șase cuptoare livrează circa 3000 Gcal/an sub formă de apă caldă cu 70°C. Apa caldă este utilizată la dușuri sau la încălzire, în ambele cazuri fiind introdusă recircularea agentului termic.

Recuperatoarele de tipul celor din figura 3 *c* trebuie să fie caracterizate și prin transfer intensiv de căldură, care se realizează prin diferite sisteme : țevi cu aripioare, canale capilare etc. Ele se pot racorda în serie sau în paralel.

Elementele constructive și circuitele termice ale recuperatoarelor menționate constituie obiectul a două invenții [14] și [15].

La căldura radiată de perete se poate adăuga căldura pierderilor de gaze de ardere prin neetanșeitatea superioară a ușii. După cum rezultă din tabelul 2, aceste gaze de ardere au temperatura de 1200°C și conțin aceeași cantitate de căldură ca cea livrată de un arzător cu debitul de 10 Nm^3/h. Aceasta permite mărirea temperaturii apei de la 70 la 75°C.

Recuperatoarele menționate trebuie să fie exclusiv tubulare, funcționînd pe principiul trecerii forțate a apei.

Eliminarea volumelor mari de apă înlătură pericolul de explozie. Circuitele lor au fost prevăzute cu dispozitive de protecție și siguranță.

6. Avantajele soluției analizate

Principalele avantaje ale recuperării pierderii de căldură prin pereți neizolați termic cu recuperatoare de radiație în raport cu recuperarea căldurii gazelor de ardere cu recuperatoare de convecție sînt următoarele :

6.1. Transferul de căldură de la boltă sau perete la recuperator are loc aproape exclusiv prin radiație, așa cum s-a menționat la pct. 3. Recuperatorul va fi constituit dintr-un rînd de țevi și un strat termoizolator subțire.

La recuperatoarele montate în canalele de gaze de ardere situația este diferită : temperaturile mici, de 300—400°C, și scăderea concentrației de $CO_2 + H_2O$ în gazele de ardere datorită infiltrării de aer fals reduc cedarea de căldură prin radiație în volum. Este necesară introducerea convecției, care se realizează cu ventilatoare, avînd consumuri mari de energie electrică, sau coșuri gigant. Schimbătoarele de căldură prin convecție se execută cu mai multe rînduri de țevi și căi de circulație.

Denumirea componentei și simbolul ei	Formule	Date numerice
Intrări	1	2
Căldura chimică a combustibilului	CHI	8500 ·200
Căldura aerului de ardere încălzit la 200°C Q_{RP}	$-V_L C \cdot c_a t_a$	$-10,45 \cdot 200 \cdot 0,318 \cdot 219$
Total		
Ieșiri		
Căldura utilă a metalului încălzit la 200°C Q_u	Gct_1	$1425,3 \cdot 0,164 \cdot 1200$
Căldura apei menajere încălzită la 70°C în recuperatorul bolții neizolate termic Q_{RR}	Q_{RR} s a determinat în tabelul 1	
Cota din aburul produs ce revine la un cuptor Q_{RII}	$Vgu(tg' - tg'')$	$24,75 \cdot 200 \cdot 0,33(250 - 215)$
Căldura pierdută cu gazele de ardere răcite cu aer fals aspirat cu $t = 400$°C Q_{ge}	$VguCcgtg$	$24,75 \cdot 200 \cdot 0,33 \cdot 400$ (pt. poz. 3)
Căldura pierdută prin bolta neizolată termic Q_R	Q_R s-a determinat din tabelul 1	
Căldura pierdută prin pereți și vatră izolați termic Q_p	$\frac{tp_1 - te}{\delta_s/\lambda_s + \delta_{iz}/\lambda_{iz} + 1/\alpha_R} S_p$	$\frac{1200 - 20}{0,25/1,15 + 0,125/0,15 + 1/7,2} (12 + 20)$
Căldura pierdută prin radiație prin orificii Q_{rad}	$C_0 S_0 \Phi \left[\left(\frac{tp_1 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{te + 273}{100}\right)^4\right]$	$0,2 \cdot 4,9 \cdot 0,45 \left[\left(\frac{1200 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{(20 + 273)}{100}\right)^4\right]$
Căldura pierdută prin neetanșeitatea superioară a ușii Q_n	$\alpha S_n \sqrt{\frac{2gp}{\gamma_2}} \cdot cgtp_1$	$0,6 \cdot 0,1 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 201}{0,236}} \cdot 0,36 \cdot 1200$
Căldura pierdută prin răcirea zidăriei la încărcarea șarjei Q_z	$0,55\ tp_1 \sqrt{t_{med}\tau} \cdot S$	$0,55 \cdot 1200 \sqrt{1125 \cdot 0,25} \cdot 44$
Căldura pierdută cu apa de răcire Q_a	$G(t_1 - t_2)$	$7684,7(45 - 20)$
Randamentul termic al cuptorului	$\eta_c = \frac{Q_u}{Q_i}$	280500/1700000
Randamentul termic al cuptorului	$\eta_{ca} = \frac{Q_u}{Q_i - Q_{RP}}$	$\frac{280500}{1700000 - 145644}$
Randamentul energetic global	$\eta_g = \frac{Q_u + Q_{RR}}{Q_i - Q_{RP}}$	$\frac{280500 + 65304,88}{170000 - 145644}$
Randamentul energetic global	$\eta_{gt} = \frac{Q_u + Q_{RP} + Q_{RII}}{Q_i - Q_{RP}}$	$\frac{280500 + 63304,88 + 57172,5}{1700000 - 145644}$
Creșterea de randament		

Tabelul 2

continuă cu recuperarea primară şi secundară complexă a căldurii

Cuptor fără recuperare		Cuptor cu recuperare primară		Cuptor cu recuperare primară şi recuperare secundară de boltă		Cuptor cu recuperare primară şi secundară de boltă şi cazan recuperator	
kcal/h(W)	%	kcal/h(W)	%	kcal/h(W)	%	kcal/h(W)	%
3		4		5		6	
1700000(1976744)	100	1700000(197644)	100	1700000(1976744)	100	1700000(1976744)	100
—	—	—145644(169353)	8,57	—145644(169353)	8,57	—145644(169353)	8,57
		1554356(1807391)	91,45	1554356(807391)	91,45	1554356(1807391)	91,45
280500(326163)	16,5	280500(326163)	16,5	280500(326163)	16,5	280500(326163)	16,5
—	—	—	—	65304,88(75935,9)	3,84	65304,88(75935,9)	3,84
—	—	—	—	—	—	57172,5(66479,65)	3,4
653400(759767)	38,4	507756(590413,9)	29,87	507756(590413,9)	29,87	450583,5(523934)	26,5
73523,4(85492)	4,32	73523,4(85492)	4,32	8218,65(9556,57)	0,483	8218,65(9556,67)	0,483
31872(37060)	1,87	31872(37060)	1,87	31872(37060)	1,87	31872(37060)	1,87
30728,5(24102,9)	1,2	20728,5(24102,9)	1,2	20728,5(24102,9)	1,2	20728,5(24102,9)	1,2
2344(3888)	0,196	3344(3888)	0,196	3344(3888)	0,196	3344(3888)	0,196
487015(566296,5)	28,6	487015(566296,5)	28,6	487015(566296,5)	28,6	487015(566296,5)	28,6
192117(223392)	8,92	192117(223392)	8,92	192117(223392)	8,92	192117(223392)	8,92
	16,5						
			18				
					22,2		
							25,9
			1,5		4,2		3,9

6.2. Conform celor arătate la pct. 6.1, recuperatoarele de radiaţie sînt mai compacte, uşoare, ieftine, uşor de montat şi de executat în raport cu recuperatoarele de convecţie.

6.3. Datorită numărului mai mic de rînduri de ţevi şi căi de circulaţie, recuperatoarele de radiaţie necesită pompe sau ventilatoare de presiune mai mică decît recuperatoarele de convecţie, avînd consumul de energie electrică mai redus.

6.4. Aşa cum s-a arătat la pct. 2, realizarea de bolţi sau pereţi rotunzi neizolaţi termic dar echipaţi cu recuperatoare de radiaţie măreşte mult durata de funcţionare, reducînd consumurile de manoperă şi de materiale pentru reparaţii şi permiţînd recuperarea unor importante cantităţi de energie termică.

6.5. Întrucît majoritatea cuptoarelor electrice de topit, încălzit sau tratat termic oţelul care funcţionează continuu şi cu temperaturi mari sînt echipate cu bolţi sau cu pereţi rotunzi neizolaţi termic, avînd pierderi mari de căldură în mediul exterior, ele pot fi echipate cu recuperatoare de radiaţie de tipul celor menţionate, în scopul recuperării acestor pierderi de căldură.

Concluzii

Pierderile de căldură prin radiaţie de la pereţii neizolaţi termic ai unor cuptoare industriale care funcţionează cu temperaturi mari în regim continuu şi de şoc termic sînt foarte mari. Recuperarea lor pentru producerea apei calde cu temperaturi mari sau a aerului cald duce la importante economii de combustibil.

Bibliografie

[1] Ghia, V. V. *Răcirea prin vaporizare ca procedeu de recuperare a căldurii*. Editura tehnică, Bucureşti, 1977.

[2] Brunklaus, J. F. *Cuptoare industriale. Calcul, construcţie şi utilizare*. Editura tehnică, Bucureşti, 1977. Traducere din limba germană.

[3] Teoreanu, I. ş.a. *Instalaţii termotehnologice. Lianţi, sticlă, ceramică*. Editura tehnică, Bucureşti, 1979.

[4] Krivanadin, V. A. ş.a. *Metalurghiceskie peci*. Metalurghizdat, Moscova, 1962.

[5] * * * *Prospecte de la firma Safil. Alumina fibres. Mond divizion. ICI*, 1980.

[6] * * * *Prospecte de la firma Fiberfax carborundum ceramic Fibre*, 1980.

[7] * * * *Prospecte de la firma CEC Réfractaires. Carbonization entreprise et ceramiques*, 1980.

[8] Leonăchescu, N. ş.a. *Probleme de termotehnică*. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1977.

[9] Miheev, M. A. *Osnovi teploperedaci*. Gosenergoizdat, Moscova, 1966.

[10] * * * *Norme de protecţie a muncii în industria construcţiilor de maşini*. M.I.C.M., Of. de inf. doc. pt. ind. constr. maş., Bucureşti, 1980.

[11] Grecov, D., Iordache, I. şi Antonescu, N. *Arderea combustibililor gazoşi*. Editura Academiei. R.S.R., Bucureşti, 1969.

[12] Bloc, A. T. *Osnovi teploobmena izluceniem*. Gosenergoizdat, Moscova, 1962.

[13] Berinde, T. ş.a. *Întocmirea şi analiza bilanţurilor energetice în industrie*, vol. II. Editura tehnică, Bucureşti, 1976.

[14] Ionescu, C. ş.a. *Invenţia nr. 105861: Recuperatoare de căldură prin radiaţie pentru cuptoare şi focare industriale*.

[15] Ionescu, C. şi Bronescu, P. *Invenţia 103650: Recuperatoare de căldură prin radiaţie*.

(Articol intrat în redacţie la 13 octombrie 1981)

Reducerea şi eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Caracteristicile constructive şi funcţionale ale schemei deschise, cu buncăr intermediar, de pregătire a prafului de combustibil solid

Dr. ing. C.C. Neaga*)

Construction and Operation Characteristics of the Open Preparation Scheme for Solid Fuel Dust with Intermediary Storage Tank

(Condensed from the paper in romanian)

The electric energy consumption increase imperatively requires the use within the production circuit of low grade solid fuels. The use of solid ballast rich (water and ash) fuel creates special problems during the dust preparation operations as well as during its burning in steam generator furnaces.

The dust for ~500 MW turbogenerator sets is prepared in individual closed facilities (with direct blowing) or in open facilities with intermediary storage tank (with indirect blowing). The closed schemes have an uncomplicated construction ; their major problem is the fact that the water vapors occuring during the extraction of water from coal penetrate simultaneously with the dust into the furnace and lower thus the theoretical burning temperature. The fact has a negative influence on the radiation heat exchange in the furnace, leading to a widening of the furnace protection surfaces and to a reducing of the fuel dust burning stability. The intermediary open storage tank facilities are more complex influencing thus investment and operation costs. After the mill separator the primary mixture is led to a dust remover where the fuel dust is collected in a tank while the drying and transport agent (recycled flue gas, atmospheric air penetrated into the mill and water vapors) is disposed off into the air or aspirated by the boiler's burning gas fans. In order to prevent the dust pollution of the atmosphere and to decrease heat losses caused by the dust which was not separated in the dust remover, two or more separation steps are needed, among which the last one is in some cases a wet one. The storage tank, i.e. the dust reserve existing in the dust preparation facility gives the boiler a certain relative independence from the grinding system which has a weaker reliability as other components.

Since the water vapors from the preliminary drying are not introduced into the furnace together with the dust, the phenomenon leads to some advantages outlined at the boiler design as well as during its operation. The paper intends to demonstrate these very advantages of the intermediary storage tank open scheme as compared to the closed one.

* Dr. ing. Constantin C. Neaga este cadru didactic la Institutul politehnic Bucureşti.

In order to compare these two schemes the calculated values are compared to the initial coal values with its characteristics at the preliminary drying tower input.

The percentage heat loss with the burnt gases is calculated for the closed scheme with formula $q_{ev} = 100\ Q_{ev}/Q_i^i$ where for the effective burning gases physical heat Q_{ev}, kJ/kg, the expression 3 is used ; Q_i^i is the low caloric value referring to the initial mass, in kJ/kg. If one considers lignite with a total initial mass humidity $W_t^i = 41\,\%$; the ash content $A^i = 28.3\,\%$ and $Q_i^i = 6640$ kJ/kg ; the evacuated excess air coefficient $\lambda_{ev} = 1.35$ and the evacuated gases temperature $t_{ev} = 150°C$, it results $q_{ev} = 9.32\,\%$. Since at the open scheme a part of the gaseous phase „avoids" the boiler and is disposed from the dust remover with a temperature $t_{ev_1} < t_{ev}$, it results that the heat lost with the gases disposed from the system placed inside the reference surface, decreases ; for Q_{ev} expression 4 is used whose stated value is smaller than that given by expression 3. If one admits $t_{ev_1} = 70°C$; the gases recycling degree at the furnace and $r = 0.15$ (from the coal preliminary drying conditions) and the specifc, quantity of water removed from the lignite $\Delta W = 0.3$ kg/kg, it results $q_{ev} = 7.30\,\%$. These values help to calculate the absolute open scheme boiler efficiency as compared to the closed scheme boiler ; $\Delta\eta = 9.37 - 7.30 = 2.02\,\%$.

The decrease of the water vapors content from the burning gases which cross the final boiler heat exchange surfaces (mainly the air preheater) leads to a lowering of the acid dew point temperature increasing thus the respective boiler reliability.

For the closed scheme the theoretical furnace burning temperature is calculated from equation 11, using the special diagram $I_g(\lambda, t)$ of the respective lignite. Admitting for the burning air preheating temperature $t_p'' = 350°C$, one obtains $t_t = 1443°C$; for the intermediary storage tank open scheme, using equation 12, one obtains $t_t = 1830°C$, representing an important increase of the maximal thermal level and marking the beginning of the heat transfer phenomena from the furnace. Comparing the values of the two temperatures it results that for the analysed case, the open scheme is the only one to provide secure conditions for equipping a furnace with liquid ash disposal systems.

It is woth mentioning that if the thermal level of the open facility furnace increases then the gases flow from the furnace to the convective boiler channels decreases, having, the expression 13, and this fact affects the caloric flow of the hot agent which washes the exchangers of the boiler.

Taking into account the advantages and disadvantages of the intermediary storage tank and those of the direct blowing schemes it results that the correct choice of one or of the other needs a technical and economic calculation ; the minimal calculation expenses will indicate the optimal solution.

Pregătirea prafului de combustibil solid pentru ardere în focarele generatoarelor de abur se face în instalaţii centrale sau individuale ; instalaţiile centrale sînt indicate pentru grupuri turbogeneratoare cu puteri instalate mai mari de 500 MW [4]. Instalaţiile individuale ; destinate preparării prafului pentru un singur cazan pot fi realizate în scheme închise cu insuflare directă. Caracteristica importantă a acestor instalaţii este aceea că amestecul primar, constituit din praf de combustibil solid şi agent de uscare şi transport (aer primar, gaze de ardere recirculate şi vapori de apă rezultaţi din deshidratarea combustibilului), după separator este insuflat direct în focar ; schema este simplă, însă, din cauza vaporilor de apă, temperatura medie în focar este coborîtă, cu consecinţe asupra construcţiei şi funcţionării cazanului respectiv. Din aceeaşi grupă de scheme fac parte şi schemele cu buncăr intermediar, în care amestecul primar este dirijat spre o instalaţie de desprăfuire, de unde praful separat este colectat într-un buncăr. În acest mod buncărul constituie şi o rezervă de combustibil pentru cazan şi, în unele situaţii, prin benzi de transport prevăzute în schemă, poate alimenta cu combustibil cazanele vecine. Agentul de uscare şi transport (faza gazoasă) separat în desprăfuitor poate servi la antrenarea prafului din buncăr (schema închisă cu buncăr intermediar), caz în care dezavantajul semnalat la schema precedentă (micşorarea temperaturii în focar) nu este suprimat. Dacă agentul de uscare şi transport este evacuat în atmosferă sau în aspiraţia ventilatoarelor de gaze de ardere ale cazanului pentru a folosi acelaşi coş, ocolind astfel canalele de gaze de ardere ale cazanului, se obţine schema deschisă, cu buncăr intermediar şi insuflare indirectă (fig. 1). În această figură, pentru a face deosebire între schema deschisă şi cu buncăr intermediar şi schema închisă cu insuflare directă, cu care se compară

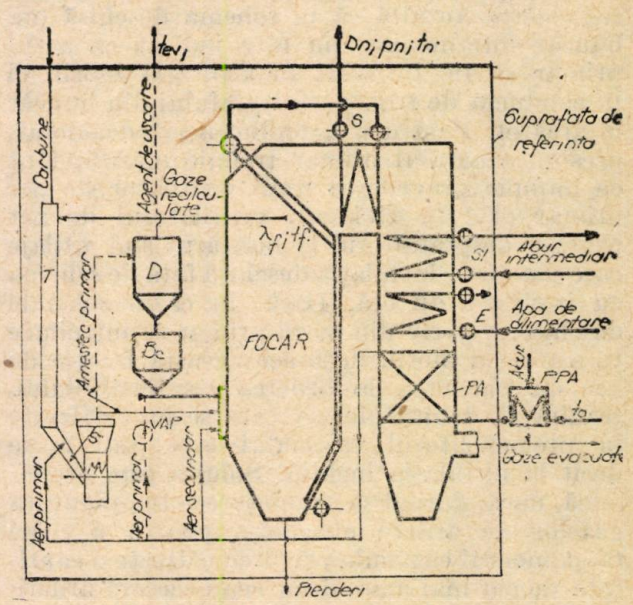


Fig. 1. Schema unui cazan de abur echipat cu instalaţie de pregătire a prafului, deschisă şi închisă :

T — turn de preuscare ; *MV* — moară-ventilator ; *SM* — separatorul morii ; *D* — desprăfuitor ; B_c — buncăr de praf de combustibil ; *A* — arzător ; *PPA* — preîncălzitor prealabil de aer ; *PA* — preîncălzitor de aer ; *VAP* — ventilator de aer primar ; *E* — economizor ; *SI* — supraîncălzitor de abur intermediar ; *S* — supraîncălzitor de abur.

Fig. 1. Steam boiler design equipped with a dust preparation plant closed and open :

T — pre-drying tower ; *MV* — fan-mill ; *SM* — mill separator ; *D* — dust separator ; B_c — pulverized fuel tank ; *A* — burner ; *PPA* — preliminary air pre-heater ; *PA* — air pre-heater ; *VAP* — primary air fan ; *E* — economizer ; *SI* — intermediate steam superheater ; *S* — steam superheater.

în cele ce urmează, unele circuite ale schemei cu buncăr intermediar sînt prezentate întrerupt.

Din buncărul de cărbune concasat, cărbunele este dozat în turnul de preuscare, unde se deshidratează cu ajutorul gazelor de ardere recirculate de la sfîrșitul focarului (în alte cazuri gazele pot fi prelevate din alte zone ale canalelor de gaze de ardere ale cazanului). Din turn amestecul bifazic intră în moară, unde simultan cu măcinarea se continuă procesul de preuscare. În cazul schemei închise cu insuflare directă o parte din aerul de ardere (aerul primar) se introduce în moară atît pentru uscarea cărbunelui, cît și pentru asigurarea debitului de fluid necesar ventilării morii, dar mai ales pentru preamestecarea prafului cu oxidant, condiție cerută de micșorarea timpului de aprindere în focar a particulelor de cărbune pulverizat. Pentru compararea celor două instalații de pregătire a prafului se admite același tip de moară, și anume moara-ventilator. Amestecul solid-gaz trece apoi din moară în separator, unde particulele mari de combustibil solid sînt separate și conduse din nou în aspirația morii. Întrucît aerul primar este un agent de uscare inferior în comparație cu gazele recirculate de la sfîrșitul focarului, iar rolul de fluid de transport poate fi ușor preluat de gazele recirculate, rezultă că în schema deschisă (cu buncăr intermediar) nu este indicat ca aerul primar să fie introdus în aspirația morii, ci în conducta de transport a prafului din buncăr la arzător. Pentru a îndeplini acest deziderat, presiunea aerului primar trebuie mărită, fapt ce impune prevederea unui ventilator de aer primar (*VAP*). Evident, ventilatorul de aer primar, desprăfuitorul și buncărul sînt utilaje care scumpesc instalația deschisă față de schema cu insuflare directă. Dacă, în cazul schemei deschise, o parte din aerul primar se introduce în aspirația morii, deoarece această fracție de aer nu participă la arderea combustibilului, rezultă că debitul de aer care se preîncălzește în preîncălzitorul cazanului este mai mare decît la instalația închisă. Soluția este economică, dacă, dorind să se micșoreze temperatura gazelor de ardere evacuate, pentru a mări randamentul cazanului, se preîncălzește o cantitate de aer mai mare decît cea necesară arderii combustibilului; aerul astfel preîncălzit pe seama unei surse de căldură gratuite (entalpia gazelor de ardere evacuate) poate fi utilizat în diverse scopuri. Chiar dacă în schema deschisă nu se introduce aer primar în moară, debitul de aer preîncălzit este și în acest caz mai mare decît în cazul schemei închise, cu debitul de aer fals care pătrunde în moară, dar care nu ajunge în focar pentru a oxida combustibilul, dacă se admite în ambele scheme coeficientul de exces de aer la sfîrșitul focarului, $\lambda_f = \text{const}$. Dacă se notează cu λ'_p coeficientul de exces de aer la intrarea în preîncălzitorul de aer (*PA*) pentru schema închisă, atunci pentru schema deschisă același coeficient va fi mai mare cu infiltrația de aer fals în moară, $\lambda'_p + \Delta\lambda_m$. Conform [5], în cazul echipării cazanului cu schemă deschisă se poate admite pentru λ_f o valoare mai mică, motiv pentru care în analiza ulterioară se va considera, în ambele scheme, $\lambda'_p = \text{const}$. (Această ipoteză simplifică într-o mică măsură și demonstrarea formulelor.)

Deoarece vaporii de apă rezultați din preuscarea cărbunelui nu sînt introduși în focar împreună cu praful, rezultă o serie de avantaje evidențiate atît la proiectarea cazanului propriu-zis, cît și în funcționarea lui. Astfel, temperatura din focar crește, ceea ce mărește stabilitatea arderii jetului de praf de combustibil; schimbul de căldură prin radiație între volumul radiant din focar și ecrane se intensifică, micșorîndu-se în final dimensiunile focarului; pierderea de căldură cu gazele de ardere evacuate scade, întrucît volumul gazelor care părăsesc ultimul schimbător de căldură al cazanului se micșorează (o parte a volumului de gaze este evacuată din desprăfuitor cu o temperatură $t_{ev_1} < t_{ev}$) și în consecință randamentul cazanului crește. Din aceste motive schemele deschise sînt indicate a se folosi la arderea combustibililor solizi inferiori cu conținut ridicat de umiditate, $W_t^i = 55-60\,\%$ și deci cu putere calorică inferioară redusă.

Pentru a deduce caracteristicile funcționale ale schemei deschise se scriu ecuații de bilanț termic, admițînd suprafața de referință din figură și temperatura de referință 0°C; ecuațiile de bilanț termic exprimă egalitatea între suma debitelor calorice introduse în sistem (prin suprafața de referință) și suma debitelor calorice care ies din sistem:

$$\Sigma Q_{intrare} = \Sigma Q_{ieșire}, \quad \text{kW} \tag{1}$$

În cazul schemei închise (cu insuflare directă), schemă care echipează majoritatea cazanelor montate în termocentralele noastre, egalitatea precedentă devine [6]:

$$\begin{aligned} B\,Q_i^i = Q_u - \lambda'_p\,B_{ef}\,[I^0_{aum}(t'_p) - I^0_{aum}(t_0)] - \\ - BQ_M + B(Q_{ev} + Q_{ch} + Q_m + Q_{ex} + \\ + Q_{expp} + Q_{rf}), \quad \text{kW} \end{aligned} \tag{2}$$

unde căldura pierdută cu gazele de ardere evacuate are expresia

$$\begin{aligned} Q_{ev} = (1 - 0{,}01\,q_m)\,[I_g(\lambda_{ev},\ t_{ev}) - \\ - \lambda_{ev}\,I^0_{aum}(t_0)] - i_{co}, \quad \text{kJ/kg.} \end{aligned} \tag{3}$$

Pentru schema deschisă ecuația de bilanț are aceeași expresie (2), dar pentru căldura pierdută cu gazele evacuate, care ies din desprăfuitor și din preîncălzitorul de aer, formula

de calcul este următoarea :

$$Q_{ev} = (1 - 0{,}01\, q_m)[I_g(\lambda_{ev}, t_{ev}) - \lambda_{ev} I^0_{aum}(t_0)] - \\ - i_{co} - (1 - 0{,}01\, q_m)[\Delta\lambda_m V^0_{aum} + \\ + v_{H_2O}\Delta W/(1 - 0{,}01\, q_m) + r V_g(\lambda_f)][(c_g t)_{ev} - \\ - (c_g t)_{ev}], \text{ kJ/kg}. \quad (4)$$

În relaţiile precedente s-au notat : B — debitul de combustibil concasat, introdus în turnul de preuscare (măsurat pe suprafaţa de referinţă), kg/s ; $B_{ef} = (1 - 0{,}01\, q_m) B$, debitul de combustibil solid ars efectiv, kg/s ; q_m — pierderea procentuală de căldură prin ardere incompletă mecanic, % ; Q^i_i — puterea calorică inferioară a cărbunelui concasat cu referire la masa iniţială, kJ/kg ; Q_u — căldura utilă schimbată în cazan, kW ; are expresia :

$$Q_u = D_n(i_n - i'_e) + D_{sat}(i'' - i'_e) + D_p(i' - \\ - i'_e) + D_{si}(i'''_{si} - i'_{si}), \quad \text{kW}, \quad (5)$$

unde D_n, D_{sat}, D_p, D_{si} sînt, respectiv, debitul nominal, saturat (prelevat din tambur pentru diverse nevoi interne), de purjă şi de abur supraîncălzit intermediar, kg/s ; i_n, i'_e, i'', i', i'_{si}, i'''_{si} — entalpia aburului supraîncălzit (nominală), a apei de alimentare (la intrare în economizor), a aburului saturat, a apei la saturaţie, a aburului supraîncălzit intermediar la intrare, respectiv la ieşire, kJ/kg ; λ'_p, λ_{ev}, λ_f, $\Delta\lambda_m$ — coeficienţii de exces de aer la intrarea în preîncălzitor, la evacuare, la sfîrşitul focarului, infiltraţia de aer fals în moară ; t_0, t'_p, t_{ev}, t_{ev_1} — temperatura mediului ambiant, a aerului la intrarea în preîncălzitor (după preîncălzitorul prealabil de aer *PPA*), la evacuare, la ieşirea din desprăfuitor, °C ; $I^0_{aum}(t) = V^0_{aum} c_{aum} t$ — entalpia aerului umed teoretic la o temperatură oarecare, kJ/kg ; V^0_{aum} — volumul de aer umed teoretic necesar arderii unui kg de cărbune concasat, Nm³/kg ; c_{aum} — căldura specifică a aerului umed, kJ/(Nm³·K) ; Q_M — căldura dezvoltată în moară în procesul de măcinare, kJ/kg ; Q_{ev}, Q_{ch}, Q_m, Q_{ec}, Q_{exp}, Q_{rf} — căldura pierdută cu gazele evacuate, prin ardere incompletă chimic, prin ardere incompletă mecanic, în exteriorul cazanului, în exteriorul instalaţiei de preparare a prafului, cu reziduurile din focar, kJ/kg ; $I_g(\lambda_{ev}, t_{ev})$ — entalpia gazelor de ardere evacuate, kJ/kg ; la proiectare se calculează cu formula

$$I_g(\lambda_{ev}, t_{ev}) = I^0_g(t_{ev}) + (\lambda_{ev} - 1) I^0_{aum}(t_{ev}) + \\ + 0{,}01\, a_{antr} A^i (c_a t)_{ev}, \quad (6)$$

unde

$$I^0_g(t_{ev}) = (V_{RO_2} c_{CO_2} + V^0_{N_2} c_{N_2} + V^0_{H_2O} c_{H_2O}) t_{ev}, \quad (7)$$

în care volumele gazelor de ardere $V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2}$, $V^0_{N_2}$, $V^0_{H_2O}$ se calculează pentru cărbunele concasat ; a_{antr} — fracţia de cenuşă antrenată de gazele de ardere ; A^i — procentul de cenuşă a cărbunelui, % ; c_a — căldura specifică a cenuşii la temperatura de evacuare, kJ/(kg·K) ; i_{co} — entalpia specifică a cărbunelui la intrare în sistem (cu temperatura mediului ambiant) ; $i_{co} = c_c t_0$, c_c fiind căldura specifică a cărbunelui iniţial, kJ/(kg·K) ; ΔW — cantitatea de apă eliminată la preuscarea cărbunelui în turn şi în moară, raportată la un kg cărbune introdus în turn, kg/kg

$$\Delta W = (W^i_i - W_p)/(100 - W_p), \quad (8)$$

unde W_p este umiditatea prafului de cărbune, % ; $v_{H_2O} = 1{,}242$ Nm³/kg, volumul specific al vaporilor de apă ; $V_g(\lambda_f)$ — volumul gazelor de ardere calculat la sfîrşitul focarului, Nm³/kg ; c_g — căldura specifică a gazelor de ardere la temperatura respectivă, kJ/(Nm³·K) ; t_{ev_1} — temperatura fazei gazoase separate în desprăfuitor, °C ; r — gradul de recirculare a gazelor de ardere de la sfîrşitul focarului ; rezultă din ecuaţia de bilanţ termic scris pentru instalaţia deschisă de pregătire a prafului (în interiorul suprafeţei de calcul sînt cuprinse turnul de preuscare, moara, separatorul, desprăfuitorul şi buncărul de praf de cărbune) ; bilanţul se scrie urmărind satisfacerea condiţiei de preuscare a cărbunelui, renunţîndu-se, pentru moment, la confruntarea cu debitul necesar ventilării morii

$$Bi_{co} + B_{ef} r I_g(\lambda_f, t_f) + B_{ef}\Delta\lambda_m I^0_{aum}(t_0) + \\ + BQ_M = B_{ef} r V_g(\lambda_f)(c_g t)_{ev_1} + \\ + B_{ef}\Delta\lambda_m I^0_{aum}(t_{ev_1}) + B\Delta W[2510 - \\ - 4{,}19\, t_0 + (c_{pv} t)_{ev_1}] + B[(1 - \Delta W)c_c + \\ + (1 - 0{,}01\, q_m) r V_g(\lambda_f)\mu c_a]t_{c_1} + BQ_{exp}, \quad (9)$$

unde

t_f, t_{c_1} reprezintă, respectiv, temperatura gazelor la sfîrşitul focarului şi a prafului colectat în buncăr, °C ;

c_{pv} — căldura specifică a vaporilor de apă, kJ/(kg·K) ;

μ — concentraţia cenuşii în gazele de ardere recirculate de la sfîrşitul focarului,

$$\mu = 0{,}01\, a_{antr} A^i / V_g(\lambda_f), \text{ kg/Nm}^3. \quad (10)$$

În ecuaţia de bilanţ (9), singura necunoscută este gradul de recirculare, r (t_{ev_1} şi t_{c_1} se admit).

Din compararea formulelor (4) şi (3) rezultă că pierderea de căldură cu gazele evacuate este mai mică pentru schema deschisă faţă de schema închisă, în măsura în care t_{ev_1} este mai mică decît t_{ev} (practic $t_{ev_1} \sim 70$°C şi $t_{ev} \sim$ $\sim 150 - 160$°C) ; dacă $t_{ev_1} = t_{ev}$, atunci Q_{ev} are aceeaşi valoare în ambele scheme de preparare a prafului.

Pentru a deduce temperatura teoretică de ardere în focar se scriu ecuaţii de bilanţ termic, incluzînd în interiorul suprafeţei de referinţă

schema de preparare a prafului și focarul, acesta fiind considerat neecranat (conform definiției, temperatura teoretică se calculează în absența schimbului util de căldură):

— pentru schema închisă

$$Q_i^i + i_{co} + (1 - 0{,}01\,q_m)\,[\lambda_p''\,I^0_{aum}\,(t_p'') + (\Delta\lambda_m + \Delta\lambda_f)\,I^0_{aum}\,(t_0)] + Q_M = (1 - 0{,}01\,q_m)\,I_g\,(\lambda_f, t_t) + Q_{ch} + Q_m + Q_{exf} + Q_{rf} + Q_{expp}; \quad (11)$$

— pentru schema deschisă

$$Q_i^i + i_{co} + (1 - 0{,}01\,q_m)\,[\lambda_p''\,I^0_{aum}\,(t_p'') + (\Delta\lambda_m + \Delta\lambda_f)\,I^0_{aum}\,(t_0)] + Q_M = (1 - 0{,}01\,q_m)[\Delta\lambda_m\,V^0_{aum} + v_{H_2O}\,\Delta W/(1 - 0{,}01\,q_m) + r\,V_g\,(\lambda_f)]\cdot(c_g\,t)_{ev_1} + (1 - 0{,}01\,q_m)[(1 - r)\,V_g(\lambda_f) - v_{H_2O}\,\Delta W/(1 - 0{,}01\,q_m)]\cdot(c_g\,t)_t + 0{,}01\,a_{antr}\,A^i(c_a\,t)_t + Q_{ch} + Q_m + Q_{exf} + Q_{rf} + Q_{expp}, \quad (12)$$

unde

λ_p'' este coeficientul de exces de aer la ieșirea din preîncălzitor;

t_p'' — temperatura aerului preîncălzit, °C;

$\Delta\lambda_f$ — infiltrația de aer fals în focar (dacă focarul este cu depresiune);

Q_{exf} — căldura pierdută în exterior prin pereții focarului, kJ/kg;

t_t — temperatura teoretică, singura necunoscută din relațiile (11) și (12).

Pentru a afla temperatura teoretică se folosesc tabelul sau diagrama $I_g(\lambda, t)$, întocmite pentru combustibilul concasat. Chiar pentru schema deschisă se folosește același tabel, în care însă se include o coloană auxiliară, care se calculează ținînd seama de expresia algebrică a factorilor care înmulțesc temperatura teoretică (v. membrul drept al ec. 12). Dacă se compară cele două relații precedente se constată că temperatura teoretică în cazul pregătirii prafului în schemă deschisă este mai mare decît în cazul instalației închise, conducînd în consecință la o serie de avantaje. Din această cauză focarele cu evacuarea lichidă a cenușii sînt echipate, de obicei, cu instalație deschisă de pregătire a prafului. De remarcat că, dacă nivelul termic în focarul cu instalație deschisă de preparare crește, debitul de gaze care trec din focar în canalele convective ale cazanului scade, avînd expresia:

$$B_{ef}[(1 - r)V_g(\lambda_f) - v_{H_2O}\,\Delta W/(1 - 0{,}01\,q_m)], \text{ Nm}^3/\text{s}, \quad (13)$$

fapt ce se repercutează asupra debitului caloric al agentului cald care scaldă suprafețele convective ale cazanului.

Dar instalația de pregătire a prafului deschisă și cu buncăr intermediar prezintă și dezavantaje. În primul rînd este mai complicată, necesitînd utilaje suplimentare, fapt ce face ca investiția să fie mai mare în comparație cu instalația închisă. Unele utilaje, cum ar fi ventilatorul de aer primar, impun consum suplimentar de energie electrică, sporind astfel serviciile interne. Depozitarea prafului în buncăr implică măsuri speciale de inertizare în vederea prevenirii autoaprinderii lui. În cazul dirijării directe a prafului colectat spre arzător, căldura lui fizică acumulată în procesul de deshidratare ($t_{c_1} > t_0$) nu este pierdută; în cazul staționării în buncăr, ea se pierde în exterior. De asemenea, fluidul de uscare și transport separat în desprăfuitor conține particule solide care duc la poluarea inadmisibilă a mediului ambiant. De aceea se prevede, în general, o a doua treaptă de curățire a lui, ceea ce complică suplimentar construcția și exploatarea instalației (de regulă a doua treaptă constă în spălarea agentului gazos separat).

Din cele relatate rezultă că alegerea schemei deschise în vederea echipării unui cazan care folosește combustibil solid inferior (în special cu conținut ridicat de umiditate) în locul schemei închise, cu insuflare directă, presupune un calcul tehnic și economic. Dacă în funcționarea cazanului cu un asemenea combustibil cele mai dificile probleme le ridică procesul de ardere însuși, se opinează, cu toate dezavantajele semnalate, pentru schema deschisă; în acest fel sînt create condiții pentru mărirea stabilității arderii și pentru micșorarea pierderilor de căldură prin ardere incompletă mecanic și chimic (datorită nivelului termic mai ridicat), fenomene cu care se confruntă termoenergetica românească. Este locul de a se arăta că, avînd în vedere calitatea combustibililor noștri solizi, problemele legate de exploatarea cazanelor trebuie să dețină locul prim în concepția proiectantului, iar cele legate de investiții, locul secund.

Bibliografie

[1] Hzmalian, D. M. și Kagan, Ia. A. *Teoria gorenia i topocinie ustroistva*. Energhia, Moscova, 1976.

[2] Volkovinski, V. A. ș.a. *Melniți ventiliatori*. Energhia, Moscova, 1971.

[3] Osokin, V. P. *Molotkovie melniți*. Energhia, Moscova, 1980.

[4] Lebedev, A. N. *Podgotovka i razmol topliva na elektrostanțiah*. Energhia, Moscova, 1969.

[5] * * * *Teplovoi rasciot kotelnih agregatov. Normativnii metod*. Energhia, Moscova, 1973.

[6] Neaga, C. C. *Determinarea randamentului unui cazan de abur în conformitate cu recomandarea ISO*. În: Energetica, nr. 11, 1976, pag. 395–399.

(Articol intrat în redacție la 8 martie 1982)

Repartiția pe diferite zone a consumului tehnologic înregistrat în rețelele de transport din sistemul electroenergetic

Dr. ing. **Fl. Predan***)

Redacția revistei supune acest articol atenției specialiștilor electroenergeticieni. Așteptăm cu interes eventualele observații.

Se are în vedere ca din conținutul articolului și din sugestiile și observațiile care se vor face să se elaboreze o instrucțiune M.E.E. pe această temă.

Sistemul electroenergetic național asigură legăturile electrice necesare dintre sursele de energie electrică și consumatorii de pe teritoriul țării. Astfel conceput, el conduce la creșterea siguranței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor și la înregistrarea unor costuri mult micșorate în lanțul producerii, transportului și distribuției energiei electrice. Logica existenței lui este bine fundamentată și de mult timp cunoscută, atît teoretic, cît și practic.

Pentru o mai bună întreținere și exploatare a rețelelor lui, din punct de vedere administrativ, sistemul electroenergetic este împărțit în zone geografice, acestea fiind și entități economice independente.

Prin acest mod de administrare a sistemului electroenergetic, care este cel mai rațional din punct de vedere economic, sînt frecvent posibile cazurile cînd prin o zonă administrativ organizată independent, într-un interval de timp, circulă o cantitate de energie mult mai mare decît cea necesară zonei în analiză. Această circulație suplimentară conduce la înregistrarea de consumuri tehnologice de energie majorate față de cele pe care zona respectivă le-ar fi înregistrat dacă ar fi fost vehiculată numai energia necesară ei.

În situația prezentată mai sus, este din punct de vedere economic normal ca consumurile tehnologice suplimentare să fie evaluate cît mai precis și, evident, repartizate zonelor vecine care beneficiază de această circulație suplimentară de energie.

Deși ca consumuri tehnologice de putere, pentru puterile electrice care circulă într-un anumit moment, această separație se poate realiza relativ simplu, după cum se știe nu tot așa de simplu se prezintă problema cînd se trece la separarea energiilor pierdute într-un interval de timp de ordinul lunilor sau trimestrelor și cînd nu se dispune decît de un lot restrîns de informații.

În cele ce urmează se propune un model matematic care, pornind de la informațiile pe care le poate furniza zona în studiu la sfîrșitul perioadei de analizat, să permită separarea consumurilor tehnologice de energie aferente energiilor vehiculate pentru propriile necesități ale zonei, de cele aferente vehiculării energiei pentru necesitățile zonelor vecine.

1. Modelul matematic propus

Se consideră cunoscute informațiile pe care le poate furniza o zonă din sistemul electroenergetic la sfîrșitul unei perioade mai îndelungate de timp:

— energia electrică E vehiculată prin rețelele zonei la un nivel de tensiune, sau între două niveluri de tensiune;

— energia electrică E_1 vehiculată, în aceleași condiții, necesară zonei în studiu;

— energia electrică $E_2 = \sum_{i=1}^{n} E_{2i}$ vehiculată pentru zonele vecine;

— consumul tehnologic ΔE total înregistrat în perioada în studiu, în condițiile de mai sus.

Considerăm cazul general în care în rețelele nivelului de tensiune U considerat se înregistrează atît consumuri tehnologice de energie în conductanța transversală a elementelor de rețea, cît și în rezistența lor.

Deoarece pierderile în conductanță nu depind de sarcina transportată, se propune împărțirea lor pe zonele pentru care se transportă energii, proporțională cu aceste energii.

Se calculează, pentru liniile electrice și pentru transformatoarele electrice conectate la nivelul de tensiune în cauză, energia pierdută în conductanța lor cu relațiile binecunoscute:

$$\Delta E_T = \Delta P_{0l} \sum_{i=1}^{n} l_i T_{K_i} + \sum_{i=1}^{m} \Delta P_{T_i} T_{K_i} \qquad (1)$$

unde

ΔP_{0l} este consumul tehnologic în conductanța unei unități de lungime de linie la tensiunea U;

l_i — lungimea fiecărei linii de tensiune U din zonă;

T_{K_i} — timpul cît a funcționat fiecare linie în intervalul studiat;

ΔP_{T_i} — consumul tehnologic în gol al fiecărui transformator conectat la tensiunea U.

*) Dr. ing. Florin Predan este cercetător științific la ICEMENERG.

Conform propunerii de mai sus, rezultă:

$$\Delta E_{T_i} = \frac{E_i}{E} \Delta E_T \qquad (2)$$

Din energiile înregistrate ca consumuri tehnologice pe palierul de tensiune considerat, se scad consumurile tehnologice din conductanţe, obţinîndu-se astfel consumurile tehnologice înregistrate în rezistenţe care urmează să fie defalcate pe zona în studiu şi pe zonele vecine.

Sînt necesare cîteva consideraţii practice.

Pentru transformatoare ΔP_T, pierderea de mers în gol se găseşte înscrisă pe plăcuţa fiecărui transformator. Pentru linii de foarte înaltă tensiune, dacă nu se cunosc alte valori mai precise, se pot lua valorile medii: $\Delta P =$ $= 600$ kW/100 km de linie de 400 kV şi $\Delta P =$ $= 150$ kW/100 km de linie de 220 kV. La 110 kV pierderile transversale sînt neglijabile.

Rămîne de repartizat energia totală pierdută în rezistenţele elementelor palierului de tensiune considerat: ΔE_r.

Presupunem că energia total înregistrată ca consum tehnologic în rezistenţele reţelelor reale ale nivelului de tensiune în studiu, care iau parte la transportul întregii energii E, s-ar fi consumat prin vehicularea aceleiaşi energii într-o singură linie de rezistenţă R, care funcţionează la aceeaşi tensiune. În aceste condiţii rezultă:

$$\Delta E_r = \frac{R}{U^2} \int_0^{T_K} (P_1 + P_2)^2 \, dt \qquad (3)$$

unde

R este rezistenţa liniei care echivalează toate reţelele palierului de tensiune considerat;

P_1 — puterea necesară în orice moment pentru satisfacerea necesităţilor consumatorilor din zonă;

P_2 — puterea suplimentară vehiculată în orice moment pentru a furniza energia E_2 cerută de zonele vecine.

Dacă se notează $R/U^2 = k$, relaţia (3) devine:

$$\Delta E_r = k \left[\int_0^{T_K} P_1^2 \, dt + \int_0^{T_K} P_2^2 \, dt + 2 \int_0^{T_K} P_1 P_2 \, dt \right] \qquad (4)$$

Din definiţia timpului de utilizare a puterii maxime rezultă:

$$P_{max} \cdot t_p = E = E_1 + E_2$$

Timpului de utilizare a puterii maxime îi corespunde un timp de pierderi τ, în determinarea căruia nu insistăm, deoarece, după cum va rezulta mai departe, nu este necesar.

Presupunem că există relaţiile:

$$\frac{P_{1max}}{E_1} = \frac{P_{2max}}{E_2} = \frac{P_{max}}{E} \qquad (5)$$

$$P_{max}^2 = P_{1_{max}}^2 + P_{2_{max}}^2 + 2 P_{1max} P_{2max}, \qquad (6)$$

presupunere care este absolut corectă dacă curbele de sarcină ale tuturor zonelor analizate au formă identică, adică în orice moment se verifică relaţia: $P_1 = a P_2$, unde a este o constantă.

Calculele devin aproximative dacă curbele de sarcină sînt mult diferite de respectarea acestei condiţii. Avînd în vedere că zonele administrative în care se împarte sistemul electroenergetic sînt zone la fel de armonios şi proporţional dezvoltate în cadrul economiei naţionale, ipoteza conţinută în relaţiile (5) şi (6) este destul de apropiată de realitate.

Din relaţiile (5) şi (6), combinate cu relaţia (4), se obţine:

$$\Delta E_r = k \tau [P_{1_{max}}^2 + P_{2_{max}}^2 + 2 P_{1max} P_{2max}] \qquad (7)$$

Dacă zona în studiu ar fi vehiculat energie prin reţelele proprii numai pentru necesităţile ei ar fi înregistrat un consum tehnologic de energie în aceste reţele de:

$$\Delta E_{r_1} = k \tau P_{1_{max}}^2 \qquad (8)$$

Prin circulaţia energiei necesare zonelor vecine se înregistrează un consum tehnologic de energie suplimentar de:

$$\Delta E_{r_2} = k \tau [P_{2_{max}}^2 + 2 P_{1max} P_{2max}], \qquad (9)$$

acesta înregistrîndu-se ca un consum marginal de energie, deci ca o creştere a energiei pierdute (a funcţiei de putere) cînd creşte puterea vehiculată (variabila putere).

Împărţind (8) cu (9), se obţine:

$$\frac{\Delta E_{r_1}}{\Delta E_{r_2}} = \frac{E_1^2}{E_2^2 + 2 E_1 E_2} \qquad (10)$$

Dacă se are în vedere relaţia evidentă de bilanţ:

$$\Delta E_r = \Delta E_{r_1} + \Delta E_{r_2}$$

se obţin relaţiile:

$$\Delta E_{r_1} = \Delta E_r \frac{E_1^2}{(E_1 + E_2)^2} \qquad (11)$$

$$\Delta E_{r_2} = \Delta E_r \frac{E_2^2 + 2 E_1 E_2}{(E_1 + E_2)^2}, \qquad (12)$$

cu care se poate realiza separarea dorită.

În majoritatea cazurilor, o zonă vehiculează energie pentru mai multe zone vecine. Considerăm că departajarea consumurilor tehnologice de energie ΔE_{r_2} între zonele vecine beneficiare

Tabelul 1

ora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P_1	100	101	105	107	116	132	167	169	145	142	137	125	122	124	126	144	184	201	218	229	201	161	118	101
P_2	60	65	65	67	77	78	92	94	81	80	79	73	83	83,8	85	94,7	122	127	134,6	130,7	126	107	76	63
ΔE_1	10000	10201	11025	11449	13456	17424	27889	28561	21025	20164	18679	15625	14884	15376	15876	20736	35721	40401	47524	52441	40401	25921	13924	10201
ΔE	25600	27556	28900	30276	37249	44100	67081	69169	51076	49284	46656	39204	42025	43181	44521	56978	96721	107584	124327	129384	106929	71824	37636	26896
α	1,667	1,554	1,62	1,597	1,51	1,69	1,81	1,8	1,79	1,77	1,73	1,71	1,47											

$$\Delta E_2 = \frac{865127}{k}; \qquad \Delta E = \frac{1404121}{k}; \qquad E_1 = 3480 \text{ MWh}; \qquad E_2 = 2143{,}8 \text{ MWh}$$

$$\Delta E_{2\,calculat} = \frac{866469}{k} \qquad \Delta E_{1\,calculat} = \frac{537652}{k} \qquad \varepsilon\,\% = 0{,}2\,\%$$

este logic să se realizeze considerînd aceste zone egal responsabile de înregistrarea acestui consum. Pe această bază se propune împărţirea lui ΔE_{r_2} pe restul de zone vecine proporţional cu pătratul energiei cerute de fiecare:

$$\frac{\Delta E_{r_2}}{E_2^2} = \frac{\Delta E_{21}}{E_{21}^2} = \frac{\Delta E_{22}}{E_{22}^2} = \frac{\Delta E_{23}}{E_{23}^2} = \ldots = \frac{\Delta E_{2i}}{E_{2i}^2} = \ldots \tag{13}$$

Cu relaţia de bilanţ evidentă:

$$\Delta E_{r_2} = \Delta E_{21} + \Delta E_{22} + \Delta E_{23} + \ldots \Delta E_{2i} + \cdots \tag{14}$$

se poate calcula valoarea consumurilor tehnologice de energie aferente fiecărei zone vecine:

$$\Delta E_{2i} = \Delta E_{r_2} \frac{E_{2i}^2}{\sum_{i=1}^{n} E_{2i}^2} \tag{15}$$

Este necesar să evaluăm, printr-un exemplu, erorile care apar atunci cînd condiţia $P_1 = aP_2$ nu este îndeplinită. În acest sens s-a considerat o zonă a cărei cerere de energie este cunoscută pe o perioadă de 24 ore, ca şi cererea de energie a unei zone vecine, pe care i-o livrează zona în studiu. În tabelul 1 sînt date puterile orare

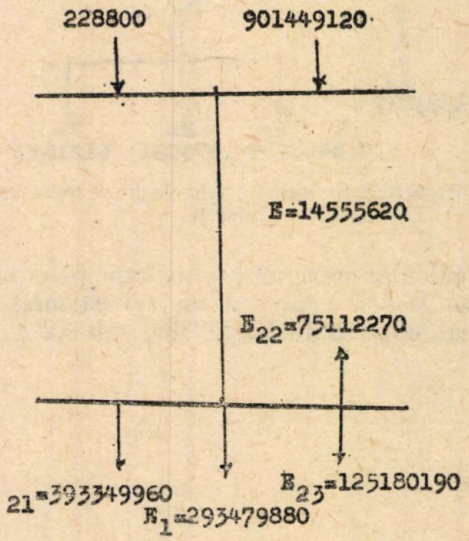


Fig. 1. Energograma din exemplul 1.

necesare celor două zone. Tot în acest tabel sînt date consumurile tehnologice de energie înregistrate pentru energia total vehiculată, cît şi consumul înregistrat pentru energia vehiculată numai pentru necesităţile primei zone.

În exemplul dat, coeficientul a nu este constant, el luînd valori cuprinse între:

$$1{,}47 \leqslant a \leqslant 1{,}815$$

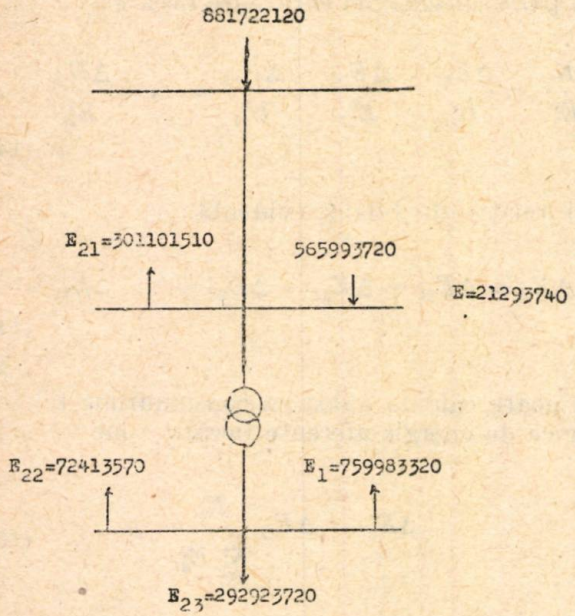


Fig. 2. Energograma din exemplul 2.

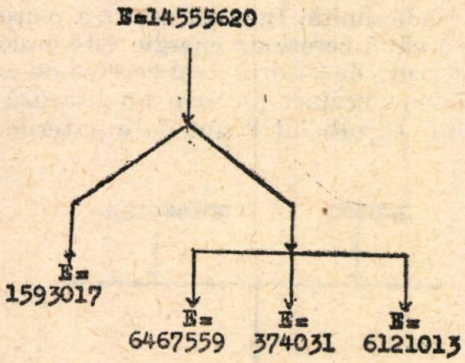


Fig. 3. Repartiția consumului tehnologic pe zone în exemplul 1.

S-a calculat consumul tehnologic prin metoda propusă și s-a comparat cu cel calculat orar, deci real, eroarea de calcul fiind sub 0,2%.

Din exemplul de mai sus rezultă că, chiar și pentru nerespectarea, cu valori destul de importante, a acestei condiții, erorile înregistrate prin aplicarea acestei metode sînt neglijabile.

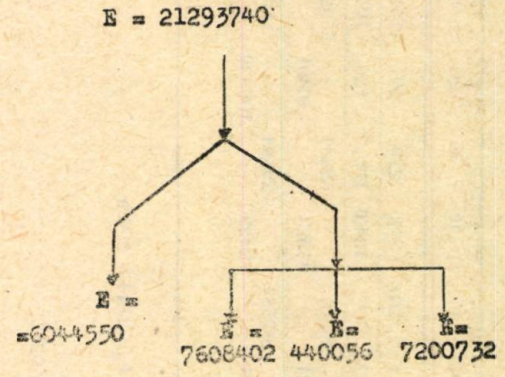


Fig. 4. Repartiția consumului tehnologic pe zone în exemplul 2.

2. Aplicarea metodei în două cazuri foarte des întîlnite în practică

Au fost analizate două cazuri:

1. O zonă primește energie pe palierul de 220 kV, vehiculează această energie prin rețelele proprii, o parte o utilizează în conturul propriu și o parte o cedează la două zone vecine.

2. O zonă primește energie pe palierul de 220 kV, dar livrează o parte pe 220 kV și o parte pe 110 kV, evident o cotă-parte reținînd-o pentru consumatorii proprii.

Situația energiilor primite și livrate este prezentată în figurile 1 și 2, iar situația consumurilor tehnologice repartizate pe zone — în figurile 3 și 4.

Trebuie menționat că în ΔE se cuprinde și energia înregistrată ca consum tehnologic de către zonele din amonte de zona în analiză, care o transmit defalcată pe consumul tehnologic înregistrat în conductanțe și consumul tehnologic înregistrat în rezistențe.

(Articol intrat în redacție la 1 august 1981)

Aspecte ale determinării şi corelaţiei amplitudinii şi duratei frontului undelor de supratensiune

Dr. ing. R. Enache*)

Coordonarea izolaţiei liniilor electrice aeriene de foarte înaltă tensiune pune probleme tehnice şi economice tot mai dificile, pe măsura creşterii tensiunilor de serviciu. Avînd în vedere rolul determinant al evaluării riscului de descărcare în coordonarea, pe baze statistice, a izolaţiei şi faptul că valoarea acestuia depinde nemijlocit de ipotezele considerate [1], este necesar să se analizeze caracterul şi parametrii statistici ai repartiţiei mărimilor caracteristice ale supratensiunilor de comutaţie.

Pînă în prezent, se ţinea seama la coordonarea izolaţiei numai de amplitudinea supratensiunilor interne, considerîndu-se durata frontului acestora 250 μs, la care tensiunea de ţinere a izolaţiei este minimă. În realitate, trebuie să se ţină seama atît de amplitudine, cît şi de durata frontului undelor de supratensiune, deoarece forma supratensiunilor de comutaţie diferă destul de mult, durata frontului luînd valori într-o plajă destul de largă.

1. Factorii care determină caracterul statistic al supratensiunilor de comutaţie

Dacă într-unul şi acelaşi sistem electroenergetic se efectuează de mai multe ori la rînd o comutaţie oarecare, neincluzînd în procesul acesteia nici un fel de limitări speciale, atunci supratensiunile înregistrate se vor modifica în limite largi; în plus, limitele modificării supratensiunilor care apar în diferite sisteme electroenergetice pot, de asemenea, să se deosebească în mod substanţial.

Dispersia amplitudinii şi formei supratensiunilor care apar prin repetarea unor comutări oarecare se explică prin acţiunea a o serie de factori, ale căror caracteristici calitative se modifică în mod aleator, de la o experienţă la alta [2], [3], [4]. O grupă de factori aleatori o reprezintă parametrii proprii reţelei de înaltă tensiune: valorile parametrilor caracteristici ai liniilor (dintre care unele sînt funcţie de frecvenţă); lungimea liniei; coeficienţii de amortizare ai transformatoarelor şi alternatoarelor (variabili cu frecvenţa); caracteristicile elementelor pentru compensarea puterii reactive; sarcina electrostatică iniţială a liniei, care poate rezulta dintr-o manevră precedentă. De asemenea, factori întîmplători legaţi de regimul sistemului: tipul comutaţiei; puterea de scurtcircuit a reţelei de alimentare; comutaţiile în diferite puncte ale sistemului de alimentare; stabilitatea regimului tensiunii în sistem; modificarea continuă a graficului de sarcină; specificul beneficiarilor de energie; reparaţiile planificate şi de avarie ale echipamentului etc.

Dacă o aceeaşi serie de experienţe se efectuează într-o altă linie, atunci, după cum au arătat cercetările experimentale, se pot modifica, şi destul de substanţial, şi parametrii repartiţiei statistice a amplitudinii şi duratei frontului supratensiunilor, ceea ce se explică prin schimbarea structurii liniei de transport şi a parametrilor unor ansambluri ale ei. Se pune în evidenţă o dispersie a valorilor denumită *dispersie datorată caracteristicilor reţelei*.

O altă grupă de factori este legată de construcţia, caracteristicile, calitatea şi reglarea aparatelor de comutaţie şi a sistemelor lor de comandă. Aici se includ: faza (unghiul) tensiunii la conectarea liniei; viteza de deplasare a contactelor; rigiditatea dielectrică a uleiului; conectarea în momente diferite a celor trei faze; numărul, momentul apariţiei şi durata pauzelor dintre reaprinderile arcului electric la deconectarea liniilor ce nu sînt în sarcină etc. Aceşti factori cauzează o dispersie a parametrilor supratensiunii de comutaţie denumită *dispersie datorată dispozitivului de comutaţie*. Caracteristicile supratensiunilor depind şi de caracteristicile aparaturii de protecţie, în situaţia prezenţei acesteia.

În cazul reanclanşării automate rapide sau al deconectării cu reaprinderea arcului electric, caracterul statistic al comutaţiei capătă trăsături suplimentare, cum ar fi viteza şi caracterul descărcării liniei [3]. Acestea depind atît de schema şi de parametrii liniei (prezenţa reactoarelor şi a transformatoarelor de tensiune), cît şi de alţi factori aleatori (starea vremii, poluarea izolaţiei etc.).

La deconectarea unilaterală a scurtcircuitelor, supratensiunile care se produc depind mai mult de parametrii reţelei şi de regimul normal anterior (pentru deconectarea scurtcircuitelor asimetrice) decît de caracteristicile întreruptorului. Într-adevăr, întreruperea circuitului are loc la trecerea curentului prin zero, fiind posibil un număr limitat de variante în comportarea întreruptorului: diferite alternări ale fazelor, diferite intervale între momentele întreruperii circuitului pe faze, în limitele a cîteva semiperioade. Dependenţele statistice în acest caz sînt mai simple.

*) Dr. ing. Radu Enache este şef de lucrări la Catedra de Electrotehnică I a IPB.

Rezultă că supratensiunile de comutaţie au, principial, un caracter statistic şi prin aceasta parametrii repartiţiei statistice ai mărimilor caracteristice fiecărei categorii de supratensiuni sînt diferiţi, în sisteme diferite.

Executînd un număr destul de mare de măsurători în diferite sisteme electroenergetice, se poate pune problema alcătuirii caracteristicilor statistice medii, pentru fiecare categorie de supratensiuni. Această mediere trebuie să se refere numai la abaterile aleatoare ale caracteristicilor individuale ale elementelor şi aparatelor de acelaşi tip. Individualitatea statistică a fiecărei linii de transport, ce decurge din structura şi din parametrii schemei liniei de transport, nu poate fi supusă medierii. De aici rezultă că datele statistice experimentale de la un sistem oarecare, referitoare la repartiţia amplitudinilor supratensiunii, nu pot fi utilizate în studiul altei linii, fără pericolul de a se face erori substanţiale. Trecerea nemijlocită a dependenţelor experimentale iniţiale obţinute de la un sistem la altul (de exemplu, la unul nou proiectat) este admisă numai în cazul în care obiectul studiului statistic îl constituie o mărime sau alta, care răspunde cerinţelor invarianţei statistice în raport cu structura şi parametrii liniei electrice de transport. Este vorba de o mărime ale cărei selecţii obţinute în diferite sisteme aparţin unei mulţimi unice şi, în acelaşi timp, la care parametrii repartiţiei nu depind de unele caracteristici generale ale structurii şi ale parametrilor liniei. Scopul final însă al studiului statistic al supratensiunilor constă în stabilirea mărimii supratensiunii. Din această cauză, utilizarea unui invariant statistic are sens numai în cazul în care cu ajutorul său se poate găsi repartiţia statistică a amplitudinii supratensiunilor.

2. Tipul repartiţiei şi parametrii statistici ai amplitudinii supratensiunilor de comutaţie

2.1. În literatura de specialitate [5], [2], se consideră că în mod obişnuit *amplitudinea supratensiunilor interne este repartizată gaussian*. În anumite situaţii particulare, această ipoteză nu este întotdeauna acceptată. Astfel, repartiţiile coeficienţilor de şoc, la conectarea unei linii în gol, la capătul deschis al liniei, pentru diferiţi parametri ai schemei şi diferite caracteristici ale întreruptoarelor prezintă, îndeosebi către extremităţi, abateri faţă de distribuţia gaussiană [3]. Repartiţiile coeficienţilor de şoc determinaţi pentru linii scurte, conectate la surse de putere mică, depind de frecvenţa circuitului oscilant echivalent; odată cu mărimea frecvenţei apare şi tendinţa repartiţiei de „a se lungi". De asemenea, se constată că repartiţia valorilor coeficientului de şoc depinde de nesimultaneitatea conectării fazelor. Astfel, la fazele care nu s-au anclanşat ale liniilor principale cu un grad înalt de compensare, sînt posibile creşteri de tensiune cu caracter de rezonanţă, care determină, în cazul în care dispersia conectării fazelor atinge două, trei intervale, mărirea considerabilă a valorii coeficientului de şoc. În acest caz, forma „cozii", respectiv a porţiunii line a repartiţiei valorilor coeficienţilor de şoc, depinde nu numai de caracteristica întreruptorului, ci şi de caracteristicile schemei, în primul rînd de frecvenţa proprie fundamentală şi de raportul dintre impedanţa de intrare de secvenţă directă şi cea homopolară.

Spre deosebire de cele menţionate mai sus, după [3], testul X^2, aplicat unor rezultate experimentale, verifică ipoteza de repartiţie gaussiană a distribuţiei statistice a coeficientului de şoc. În acelaşi timp se arată că înregistrarea anuală a oscilaţiilor componentei forţate, duce, cu toată repartiţia gaussiană a probabilităţii coeficientului de şoc, la concluzia că repartiţia amplitudinii supratensiunilor nu este gaussiană.

După [5], repartiţia gaussiană, stabilită pe cale teoretică şi pe baza unor încercări experimentale, nu este în concordanţă cu rezultatele obţinute în cazul înregistrării supratensiunilor cu aparate înregistratoare. În acest ultim caz, repartiţia amplitudinii supratensiunilor interne diferă de cea gaussiană, datele experimentale obţinute corespunzînd mai bine unei repartiţii exponenţiale.

Studiul pe calculator analogic al supratensiunilor de comutaţie [6] a evidenţiat că în cazul unor întreruptoare fără rezistoare de şuntare, repartiţia amplitudinii supratensiunilor este reprezentată cu o foarte bună aproximaţie, pentru valorile înalte ale acestora, printr-o repartiţie gaussiană trunchiată la 4σ deasupra mediei; în cazul prezenţei unui rezistor de şuntare de 450 Ω, repartiţia este reprezentată cu o foarte bună aproximaţie, de o funcţie de repartiţie a valorilor extreme trunchiată la 5β deasupra modei (unde β este panta de pe graficul de probabilitate a valorilor extreme).

Deoarece lipseşte o analiză a influenţei diverşilor factori aleatori care afectează fenomenele tranzitorii şi modul în care aceştia se combină, pentru a determina repartiţia supratensiunilor de comutaţie, în lucrările de specialitate s-a făcut presupunerea că această repartiţie urmează legile evenimentelor aleatoare. Această abordare are un real interes practic, dar pentru un studiu ştiinţific al fenomenelor tranzitorii care au loc, la comutaţie este necesar să se considere aleatori factorii care determină supratensiunile de comutaţie şi nu ele înseşi. Avînd în vedere faptul că repartiţia amplitudinii supratensiunilor interne este o repartiţie limitată [4], cu o valoare maximă şi una minimă, aceasta nu poate fi în nici un caz corect interpretată pe baza legilor privind evenimentele aleatorii (de exemplu, repartiţia gaussiană).

În ceea ce privește parametrii repartiției, în ipoteza de repartiție gaussiană, studiile privind amplitudinea supratensiunilor de comutație arată că, în majoritatea cazurilor, manevrele de conectare a liniilor și de reanclanșare automată rapidă sînt operațiile cele mai periculoase din punctul de vedere al supratensiunilor care se produc. Valoarea medie a supratensiunilor fază-pămînt care se produc, la diferite tipuri de comutație [2], [7], [8], [9], [10] este cuprinsă între 1,63 și 3,00 v.r. Valorile maximum maximorum sînt cuprinse între 1,7 și 4,6 v.r. Valoarea medie a supratensiunilor fază-fază, pentru diferite tipuri de comutație este de 2,6—3,5 v.r., iar valoarea maximum maximorum de 5,4 v.r. (tabelul 1). Abaterea medie pătratică a amplitudinii supratensiunilor fază-pămînt este cuprinsă între 8, 2 și 25,2 %, iar cea a supratensiunilor fază-fază este de 22,4%.

2.2. În vederea analizei statistice s-au determinat, la calculator numeric, supratensiunile care apar la conectarea unei linii de 400 kV și 195 km, în gol. Linia s-a considerat un cuadripol cu constante concentrate [5], presupunîndu-se sistemul simetric și neglijîndu-se pierderile. Faza tensiunii rețelei la momentul comutației s-a determinat considerîndu-se următoarele [10] variabile aleatorii: momentul comenzii de conectare, timpul de închidere mecanică a contactelor unei faze, dispersia închiderii contactelor camerelor unei faze, dispersia închiderii contactelor fazelor, rigiditatea dielec-

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipul comutației	Tensiunea U,	Lungimea l,	Locul de înregistrare a supratensiunilor	Coeficientul de supratensiune k,v.r.						Abaterea medie pătratică
					fază pămînt			fază-fază			
		kV	km		val. măsurate	val. med.	val. max.	val. măsurate	val. med.	val. max.	v.r.
1	Conectare	500	205	la sfîrșitul deschis al liniei	2,5÷4,1	—	4,1	2,3÷5,4	—	5,4	—
2	Conectare	500	—	,,	—	2,4	—	2,6	—	—	—
3	Deconectarea scurtcircuitelor nesimetrice cu eliminarea sarcinii	500	—	,,	—	2,4	—	2,8	—	—	—
4	Reanclanșare automată rapidă la scurtcircuite nesimetrice	500	—	,,	—	3,0	—	3,5	—	—	—
5	Deconectarea nesincronă a liniei	500	—	,,	—	3,0	—	3,5	—	—	—
6	Reanclanșare automată rapidă trifazată pe model de regimuri tranzitorii	500	—	,,	—	—	4,6	—	—	4,9	—
7	Conectare monofazată	275	149,9 65,9 46,5	,,	—	2,1 2,0 —	—	—	—	—	—
8	Conectare trifazată	275	149,9 65,9 46,5	,,		2,4 2,0 2,1	—	—	—	—	—
9	Reanclanșare automată rapidă monofazată	275	149,9 65,9 46,5	,,	—	2,9 2,2 2,7	—	—	—	—	—
10	Reanclanșare automată rapidă trifazată	275	149,9 65,9 46,5	,,	—	— 2,4 2,3	—	—	—	—	—
11	Conectare pe model de regimuri tranzitorii	735	350	,,	—	—	2,45	—	—	—	—
12	Reanclanșare automată rapidă	735	350	,,		2,10	3,80	—	—	—	0,53
13	Conectare	—	—	,,	—	1,61	2,3	—	—	—	0,183
14	Conectare $S_{sc.c.}$ = 120 MVA $S_{sc.c.}$ = 240 MVA $S_{sc.c.}$ = 1500 MVA	420	140	,,	1,8÷2,28 1,6÷2,16 1,5÷1,70	— — —	2,28 2,16 1,70	— — —	— — —	— — —	— — —
15	Conectare pe calculator	400	204	,,	—	2,18	2,72	—	—	—	0,179
16	Conectare	400	204	,,	—	2,047	2,64	—	—	—	0,198
17	Conectare	420	335	,,	—	1,58	2,50	—	2,7	4,4	0,31 și 0,56
18	Reanclanșarea liniei după eliminarea unui scurtcircuit monofazat	1100	200	,,	—	2,325	3,075	—	—	—	0,250

trică a uleiului din camere, tensiunea de străpungere a spațiului dintre contacte, variația tensiunii la barele la care se comută linia, variația tensiunii la bare datorită prezenței regimului deformant.

Pe baza unui program la calculator numeric, s-au determinat, la capătul în gol al liniei, amplitudinea și durata frontului supratensiunilor fază-pămînt și fază-fază, la conectare. Supratensiunile au fost calculate pentru 2 ms, durată acoperitoare pentru identificarea valorii maxime, efectuîndu-se, pentru fiecare unghi de conectare considerat, cîte 20 000 de calcule, la intervale de 10^{-4} ms.

În ceea ce privește *amplitudinea supratensiunilor*, testul iterațiilor a verificat atît caracterul aleatoriu al rezultatelor obținute, cît și caracterul omogen al selecțiilor de date pe diferite faze. Statisticile Dixon nu au evidențiat date care să difere semnificativ de celelalte date.

Testele X^2, Kolmogorov și cele bazate pe coeficienții β au pus în evidență abateri semnificative de la repartiția gaussiană (tabelul 2).

Tabelul 2

Amplitudinea supratensiunilor	Testul X^2			Testul Kolmogorov	Teste bazate pe coeficienții β				
					Asimetria		Boltirea		
	Pragul de semnificație α								
	0,05	0,01	0,001	0,05	0,01	0,01	0,005	0,01	0,005
FAZĂ-PĂMÎNT	A	A	A	A	A	S	S	S	S
FAZĂ-FAZĂ	R	A	A	A	A	N	N	S	S

unde: A — se acceptă, iar R — se respinge ipoteza de repartiție gaussiană; S — asimetrie, boltire semnificativă, iar N — nesemnificativă.

Astfel, la supratensiunile fază-pămînt, testele bazate pe coeficienții β au relevat o asimetrie și o boltire semnificative, pentru ambele praguri de semnificație considerate ($\alpha = 0{,}01$ și 0,005), la supratensiunile fază-fază, textul X^2 a respins, pentru $\alpha = 0{,}05$, ipoteza de repartiție gaussiană, iar testele bazate pe coeficienții β au evidențiat o boltire semnificativă. Estimarea parametrilor, în ipoteza de repartiție gaussiană, este prezentată în tabelul 3.

Tabelul 3

Fazele	Valoarea medie a supratensiunii, v.r.	Abaterea medie pătratică,	
		v.r.	%
1	1,65	0,25	15,02
2	1,80	0,27	15,05
3	1,68	0,26	15,55
1, 2, 3	1,71	0,27	15,54
1—2	2,43	0,99	40,95
2—3	2,12	1,17	55,40
1—2, 2—3	2,27	1,09	48,43

În figurile 1 și 2 se prezintă repartiția gaussiană a amplitudinii supratensiunilor.

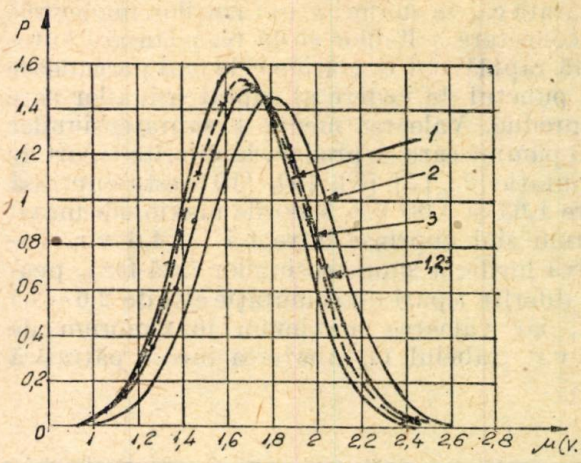


Fig. 1. Repartiția gaussiană a amplitudinii supratensiunilor fază-pămînt.

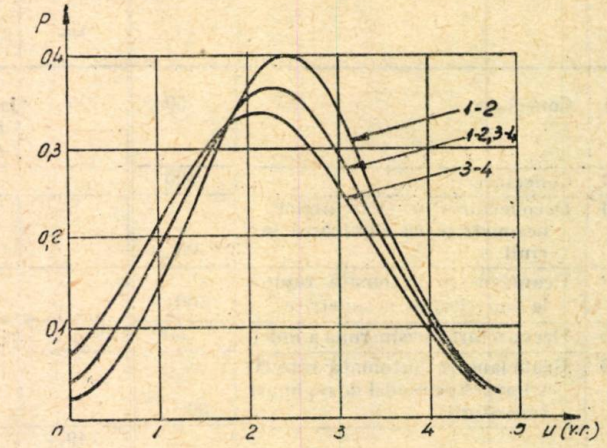


Fig. 2. Repartiția gaussiană a amplitudinii supratensiunilor fază-fază.

3. Tipul repartiției și parametrii statistici ai duratei frontului supratensiunilor de comutație

3.1. În literatura de specialitate [11] se evidențiază, pe baza determinărilor făcute la comutarea unor linii de 750—1200 kV și cu lungimea de 100—500 km, că *impulsurile de comutație la conectare* pot fi aduse la patru forme tip (fig. 3, tabelul 4). La începutul liniei care se conectează, este posibilă apariția tuturor celor patru forme, în timp ce la capătul receptor apar numai supratensiuni de formele *I* și *II*.

În figura 3, s-au notat cu T — timpul de creștere a undei, cu τ_f — lungimea frontului conform definiției C.E.I. pentru impulsul de comutație și în cazul unor forme complexe cu mai multe vîrfuri, cu $\tau_{f,ec}$ — lungimea echivalentă a frontului obținută prin liniarizarea părții superioare celei mai importante a curbei (între 60—80 % din amplitudine).

Impulsul *I*, pus în evidenţă pe linii de 100—300 km lungime, trebuie să fie reprodus la încercarea izolaţiei printr-un impuls aperiodic unipolar. În cazul impulsului bipolar *II*, la valori mai mari ale lui *T*, lungimea echivalentă a frontului $\tau_{f,ec}$ poate fi considerabil mai mică (pentru linii de 400—500 km, $T = 3000—4000$ μs şi $\tau_{f,ec} \simeq 1500$ μs). Apariţia unui salt de tensiune presupune prezenţa mai multor linii racordate la barele de alimentare.

Impulsul *III* apare cînd se comută linii scurte, iar *IV* cînd se comută linii lungi.

Impulsurile de comutaţie la reanclanşarea trifazată a liniilor sînt asemănătoare cu cele de la conectare, dar lungimea frontului acestora este puţin mai mică.

Conform datelor evidenţiate în tabelul 4, lungimea frontului undelor de supratensiune la conectare, care depinde de lungimea liniei şi de configuraţia reţelei de alimentare, variază de la cîteva sute, la cîteva mii de microsecunde. Această concluzie a fost confirmată şi de rezultatele unor experimente în reţea [11], prezentate în tabelul 5. În acest caz, lungimea frontului s-a luat din oscilograme ca un sfert al perioadei sinusoidei echivalente prin amplitudinea impulsului şi punctul de iniţiere a fenomenului corona (circa 1,3 v.r.). Valorile obţinute corespund şi datelor altor autori [12], [13].

Impulsurile de comutaţie la deconectarea scurtcircuitelor asimetrice. Datorită dificultăţilor legate de încercări în reţea, aproape că nu s-au realizat încercări pe teren de acest tip. Calculele efectuate [11] pentru linii de 750 kV au arătat că forma impulsurilor care se produc în acest caz este de tipul *I* şi *II* din figura 3, valoarea frontului fiind de 2500—3500 μs. În acest caz, liniile conectate la barele de alimentare au o influenţă mai mică asupra formei şi lungimii impulsului.

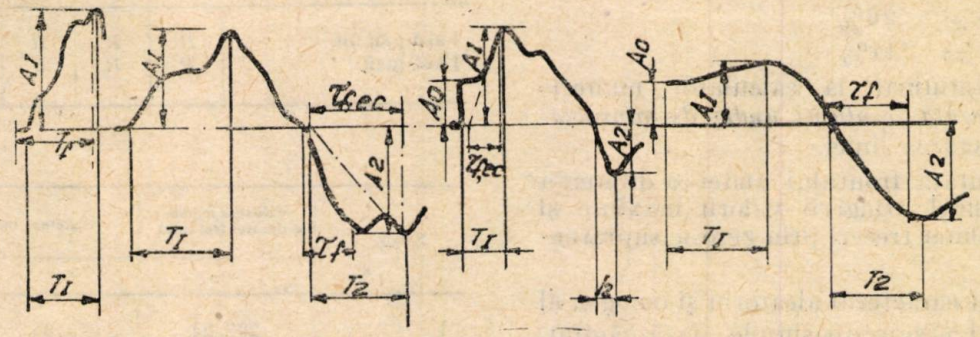


Fig. 3. Forme tipice ale impulsurilor de comutaţie la conectarea liniilor electrice aeriene de foarte înaltă tensiune.

Tabelul 4

Parametrii tipici ai frontului şi raportul amplitudinii supratensiunilor la conectarea unor linii de 750—1200 kV

Forma conform figurii 3	*I*	*II*	*III*	*IV*
T_1, μs	650—3000	1500—4500	1500—4000	0—4500
T_2, μs	—	1600—5500	1900—5500	3000—6200
A_1/A_2	—	0,5—0,85	0,75—1,25	0,45—0,8
A_0/A_1	—	—	0,35—0,65	0,4—1,0
$\tau_f, \tau_{f,ec}$, μs	600—2000	1100—3000	1200—3000	2000—3500

Tabelul 5

Frontul impulsului de comutaţie, în funcţie de lungimea liniei comutate şi numărul de linii conectate şi la bare, obţinut la încercări în teren

Tipul comutaţiei	Tensiune, kV	Lungime, km	Reactanţa sistemului, Ω	Numărul de linii necomutate la bare	Lungimea frontului, μs
Conectare	750	87	98	0	1450
Conectare	330	221	55	0	2300
Reanclaşare trifazată	330	403	55	0	3000
Conectare	220	318	166	0	2850
Conectare la scurtcircuit monofazat	220	400	6	3	790
Reanclanşare trifazată	220	318	7,4	10	190

În cazul introducerii unor mijloace de reducere a amplitudinii supratensiunilor, lungimea frontului impulsurilor de comutare poate, de asemenea, să se modifice într-o anumită măsură. Atunci cînd se introduce un descărcător, lungimea frontului supratensiunilor se reduce cu raportul dintre tensiunea de străpungere a descărcătorului şi amplitudinea supratensiunii în absenţa sa. În cazul conectării sincronizate, lungimea frontului, considerînd dispersia reală a fazelor de conectare, se situează practic, în acelaşi domeniu ca la conectarea obişnuită. Utilizarea rezistoarelor de şuntare ale întreruptorului atenuează frontul pînă la 3—4 μs, dar scurtcircuitarea acestora poate conduce la suprapunerea unui vîrf de tensiune cu un front mai scurt pe curba atenuată.

Înregistrarea impulsurilor de comutaţie în reţea a permis estimarea aproximativă a probabilităţii medii de a se produce pe linii impulsuri cu diferite lungimi ale frontului.

Astfel, E. M. Bazelian ș.a. [11] au obținut, pentru 23 de linii, de 110—750 kV și 47—416km lungime, următoarele valori:

pînă la 1000 μs 7%
1000—2000 μs 23%
2000—3000 μs 26%
peste 3000 μs 44%

3.2. S-a determinat la calculator numeric (p. 2.2). și *durata frontului undei de supratensiune* la conectarea liniei.

S-a luat durata frontului undei ca diferența dintre momentul atingerii valorii maxime și momentul ultimei treceri prin zero a supratensiunii.

S-a verificat caracterul aleatoriu și omogen al rezultatelor. La supratensiunile fază-pămînt, statisticile Dixon au indicat pentru $\alpha = 0{,}05$ și 0,01, că valorile mai mari de 741,6 μs diferă semnificativ de celelalte date, iar la cele fază-fază că valorile peste 587 μs diferă semnificativ de celelalte date.

Pentru ansamblul datelor obținute, testul X^2 a respins, pentru mai multe praguri de semnificație, ipoteza de repartiție gaussiană. Testul Kolmogorov a acceptat ipoteza de repartiție gaussiană (tabelul 6).

Tabelul 6

Durata frontului supratensiunilor	Testul X^2			Testul Kolmogorov	
	Pragul de semnificație α				
	0,05	0,01	0,001	0,05	0,01
Fază-pămînt	*R*	*R*	*R*	*A*	*A*
Fază-fază	*R*	*R*	*R*	*A*	*A*

Tabelul 7

Fazele	Valoarea medie a duratei frontului	Abaterea medie pătratică	
	μs	μs	%
1	287,24	323,66	112,68
2	348,67	389,34	111,65
3	463,08	434,82	93,89
1, 2, 3	366,30	382,27	104,34
1—2	399,49	388,40	97,22
2—3	284,68	303,12	106,48
1—2, 2—3	342,08	285,97	83,59

4. Corelația dintre amplitudinea și durata frontului undelor de supratensiune

În literatura de specialitate [11], [14] se evidențiază că amplitudinea și durata frontului

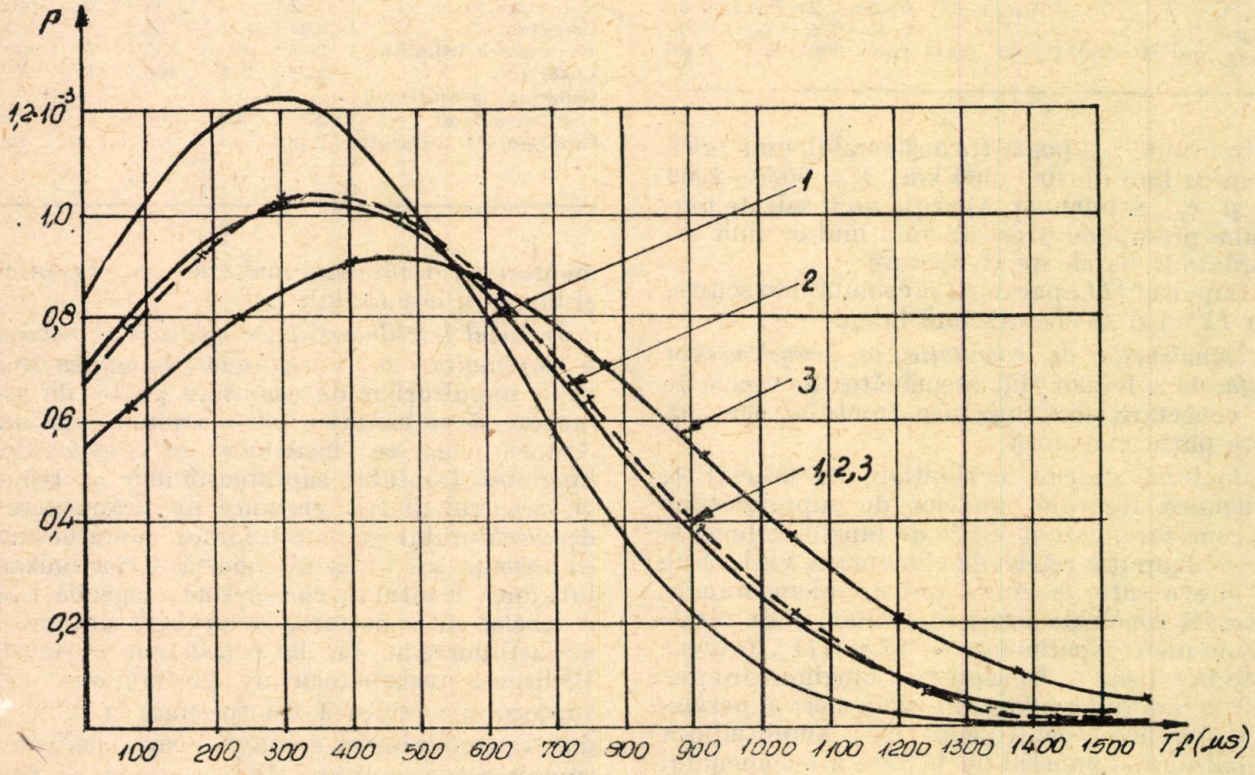


Fig. 4. Repartiția gaussiană a duratei frontului supratensiunilor fază-pămînt.

Estimarea parametrilor, în ipoteza de repartiție gaussiană, a condus la valorile din tabelul 7. În figurile 4 și 5 se prezintă repartiția gaussiană a duratei frontului supratensiunilor.

supratensiunilor de comutație nu sînt corelate statistic. Amplitudinea supratensiunii variază în funcție de unghiul de conectare, iar dependența duratei frontului impulsului de

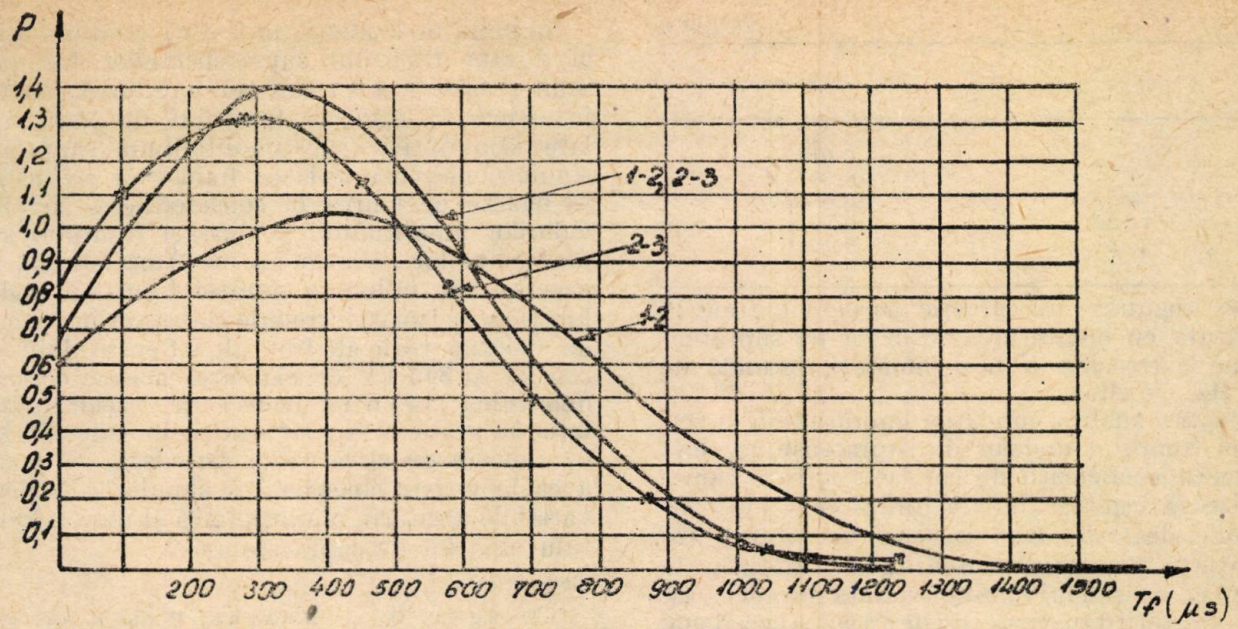


Fig. 5. Repartiția gaussiană a duratei frontului supratensiunilor fază-fază.

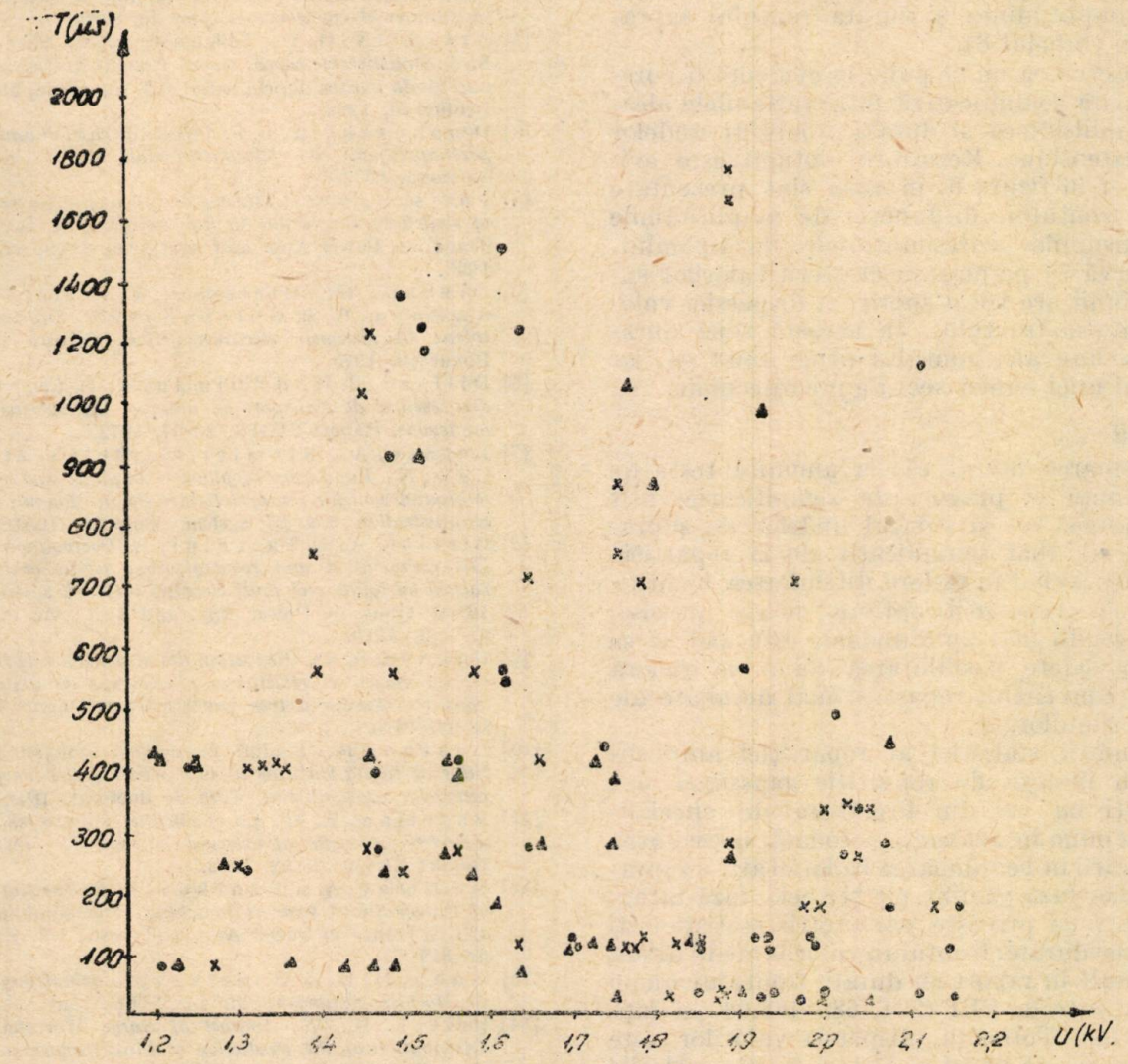


Fig. 6. Durata frontului undelor de supratensiune fază-pământ (T), în funcție de amplitudinea supratensiunilor (▲ — faza *1*, ● — faza *2*, x — faza *3*).

Tabelul 8

Fazele	Coeficientul de corelație r
1	0,0181
2	−0,3975
3	−0,0988
1−2	0,2923
2−3	0,1514

acest unghi are un caracter necoerent, fiind în legătură cu modificarea vîrfurilor de supratensiune la trecerea de la o jumătate de undă de 50 Hz, la alta.

Pentru analiza corelației amplitudinii și duratei frontului undelor de supratensiune, s-au calculat coeficienții de corelație r, care caracterizează legătura liniară dintre cele două variabile aleatorii. Mărimea coeficientului de corelație r determină intensitatea legăturii, în timp ce semnul lui r arată tendința primei variabile aleatorii de a crește sau de a scădea cu a doua.

Pe baza rezultatelor obținute la calculator numeric, s-au calculat coeficienții de corelație dintre amplitudinea și durata frontului supratensiunii (tabelul 8).

Se observă că nu se pune în evidență o corelație liniară semnificativă între variabilele aleatorii amplitudinea și durata frontului undelor de supratensiune. Rezultatul obținut este evidențiat și în figura 6, în care sînt prezentate durata frontului, în funcție de amplitudinile supratensiunilor corespunzătoare fază-pămînt. Se observă că pe măsura creșterii valorilor supratensiunii are loc o sporire a dispersiei valorilor duratei frontului. În această zonă duratele maxime ale frontului ating 1800 μs, iar cele mai mici cîteva zeci de microsecunde.

Concluzii

Se remarcă faptul că, la anumite teste de concordanță și praguri de semnificație, atît amplitudinea cît și frontul undelor de supratensiune se abat semnificativ de la repartiția gaussiană. Avînd în vedere dificultatea identificării unor repartiții optime, foarte precise, pentru studii mai aprofundate, este util să se aibă în vedere posibilitatea de a se genera în mod convenabil repartiții mai detaliate ale supratensiunilor.

Parametrii statistici ai repartiției amplitudinii, în ipoteza de repartiție gaussiană sînt apropiați cu cei din literatura de specialitate. Se pune în evidență, totodată, necesitatea considerării în coordonarea izolației atît a supratensiunilor fază-pămînt, cît și a celor fază-fază.

În ceea ce privește parametrii statistici ai repartiției duratei frontului, valorile medii diferă foarte mult în raport cu durata frontului undei standardizate de CEI (284, 68−463,08 μs față de 250 μs). Totodată, dispersia valorilor este foarte mare, de 83,59 — 112,68 % din valorile medii respective.

Se pune în evidență faptul că amplitudinea și durata frontului supratensiunilor fază-pămînt și fază-fază nu sînt corelate liniar. Avînd în vedere că duratele frontului nu sînt corelate semnificativ cu amplitudinea supratensiunilor, alegerea izolației liniilor ar trebui să se bazeze pe luarea în considerare a tuturor valorilor amplitudinii și duratei frontului supratensiunilor. Pentru a se ține seama, în practică, de influența duratei frontului undelor, ținerea izolației trebuie corectată în funcție de valorile reale ale frontului. Pentru linii de 230 kV și 345 kV considerarea acestei corecții determină [14] o reducere a distanțelor de izolație de peste 10 %, iar pentru linii de 500 kV o reducere de circa 15%. Totodată, se poate avea în vedere considerarea simultană a două variabile aleatorii, amplitudinea și durata frontului undelor de supratensiune.

Bibliografie

[1] Drăgan, G. și Enache, R. *Some considerations on the calculation of the risk in the case of switching overvoltages or switching on a highvoltage line.* În: Revue Roumaine des sciences techniques, série Eléctrotéchniques et énergétique, tome 25, 1980.

[2] Artemiev, D. E., Tihodeev, N. N. și Șur, S. S. *Statisticeskie osnovî vîbora izoliații linii elektroperedaci vîsșih klassov napriajeniia.* Izd. Energhiia, Moscova, Leningrad, 1965.

[3] Dmohovskaia, L. F. *Injenernîe rascioti vnutrennîh perenapriajenii v elektroperedaciah.* Izd. Energhiia, Moscova, 1972.

[4] Paris, L. *Basic considerations of magnitude reduction of switching surges due to line energization.* În: IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS, 87, nr. 1, 1968.

[5] Drăgan, G., Miclescu, T., Cristovici, A., Popa, B. și Golovanov, N. *Supratensiuni interne în sistemele electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1975.

[6] Dillard, J. K. și Hilman, A. R. *Comportement des réseaux de transport en présence des surtensions de maneuvre.* Raport CIGRE 33-07, 1972.

[7] Legate, A., Stemler, G., Reichert, K. și Cuk, N. *Limitation of phase — to-phase and phase — to-ground switching surges field tests in Bonnville power adminstration 550 kV system.* Raport CIGRE 1976.

[8] Clerici, A. și Taschini, A. *Overvoltages due to line energization and reenergization versus overvoltages caused by faults and fault clearing in EHV systems.* În: IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol PAS, 89, nr. 5/6, 1970.

[9] Fukuda, S. ș.a. *Réduction des surtensions de manoeuvre au moyen de résistences placées sur les disjoncteurs dans les réseaux à très haute tension.* Raport CIGRE 13-04, 1970.

[10] Enache, R. *Studiul coordonării izolației instalațiilor de înaltă tensiune la supratensiuni interne pe baza metodelor probabilistice.* Teză de doctorat, IPB, 1980.

[11] Bazelian, E. M. ș.a. *Switching impulse shape and dielectric strength of external EHV/UHV insulation.* Raport CIGRE 33-02, 1976.

[12] Mc Elroy, A. și Charkov, I. *Probability aspects of transmissions systems switching surge-reliability.* În: IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS, 86, nr. 8, 1967.

[13] Kuhn, H. D. și Rogalsky, I. *Schaltspannungen in Hochstspannungsnetzen.* În: ETZ-A, nr. 21, 1968.

[14] Priest, K. W. *Impact of Surge Waveshape and Distribution on the Prediction of Line Performance.* În: Electric Power Systems Research, nr. 1, 1979.

(Articol intrat în redacție la 18 mai 1982)

Supratensiuni temporare generate de separarea bruscă de sarcini în circuite liniare

Ing. Fănică Vatră*)

1. Considerații generale

În decursul ultimelor decenii, datorită creșterii continue a necesarului de energie, tehnica de transport al energiei electrice a cunoscut o dezvoltare explozivă. În prezent sînt în exploatare linii electrice aeriene de 735—765 kV și s-a demonstrat că este tehnic posibil să se realizeze într-un viitor nu prea îndepărtat rețele electrice de 1200—1600 kV.

Odată cu creșterea tensiunii nominale a liniilor electrice din considerente economice, nivelul de ținere a izolației, cît și nivelul de protecție al rețelelor electrice scad, crescînd importanța supratensiunilor care pot să apară în rețelele de înaltă și foarte înaltă tensiune.

Coborîrea nivelului de protecție în raport cu tensiunea nominală a rețelei are ca efect creșterea importanței supratensiunilor temporare, care, prin faptul că sînt oscilații întreținute pe timp de mai multe perioade, au o influență dezavantajoasă asupra concepției descărcătoarelor [1], [2], [3]. Studierea fenomenelor care generează supratensiuni temporare, determinarea amplitudinilor acestor supratensiuni, apare ca o necesitate de cea mai mare importanță.

Protecția liniilor electrice aeriene este astfel concepută încît, în caz de necesitate (manevre, perturbații etc.), întrerupătoarele de la cele două extremități ale liniei să se deschidă simultan.

Ca urmare a unor deficiențe este posibil pentru o perioadă de timp mai mică sau mai mare ca întrerupătoarele de la cele două extremități să nu acționeze simultan sau să acționeze numai un singur întrerupător, linia rămînînd alimentată de la o extremitate, iar la cealaltă extremitate funcționînd în gol. În consecință, datorită efectului capacitiv al liniei, are loc o creștere a tensiunii de frecvență fundamentală pe barele stației de alimentare, precum și la extremitatea ce funcționează în gol.

2. Determinarea supratensiunilor temporare generate de separarea bruscă de sarcini

Calculele s-au efectuat în ipoteza neglijării influenței neliniarităților și în ipoteza constanței tensiunii electromotoare a sursei E înainte și după separarea de sarcină.

*) Autorul lucrează la ISPE.

Tensiunea de-a lungul liniei va depinde de valoarea și factorul de putere al sarcinii, de valoarea tensiunii pe linie înainte de separarea sarcinii, de modul de conexiune, numărul și puterea reactoarelor, de valoarea puterii de scurtcircuit a sursei și variația lungimii, precum și de parametrii liniei.

2.1. *Declanșarea sarcinii de la bornele unui generator*

În cazul declanșării unei sarcini de la bornele unui generator, coeficientul de supratensiune se determină cu relația [5]:

$$k = \left|\frac{\underline{U}_x}{\underline{U}}\right| = \sqrt{1 + \left(\frac{X'_d}{Z_2}\right)^2 \pm 2\,\frac{X'_d}{Z_2}\sin\varphi} \qquad (1)$$

unde

$\underline{U}$ este tensiunea la bornele generatorului înainte de separare;
$\underline{U}_x$ — tensiunea la bornele generatorului după separare;
X'_d — reactanța tranzitorie;
Z_2 — impedanța sarcinii.

În relația (1) s-a pus în evidență și factorul de putere al sarcinii, semnul plus referindu-se la o sarcină inductivă, iar semnul minus la o sarcină capacitivă.

2.2. *Declanșarea de sarcină de la extremitatea unei linii*

În cazul declanșării de sarcină de la extremitatea unei linii lungi, reprezentată prin constante concentrate, coeficientul de supratensiune se determină cu relația [5]:

$$k_2 = \left|\frac{\underline{U}_{2x}}{\underline{U}_2}\right| = \frac{1}{1 - \left(\frac{X_G}{X_C} + \frac{X_L}{2X_C}\right)} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{X_G + X_L}{Z_2}\right)^2 \pm 2\,\frac{X_G + X_L}{Z_2}\sin\varphi} \qquad (2)$$

unde

X_G este reactanța generatorului, în care este inclusă și reactanța transformatorului;
X_L, X_C — reactanța inductivă și capacitivă a liniei;
Z_2 — impedanța sarcinii.

Analizînd relațiile (1) și (2), se constată că supratensiunile sînt mai mari în cazul declanșării sarcinii de la capătul unei linii. Această creștere a valorii supratensiunilor se datorează atît efectului capacitiv al liniei (X_C micșorează

fracția din fața radicalului), cît și reactanței inductive a liniei. (X_L micșorează fracția din fața radicalului și mărește valoarea de sub radical.) Această influență este cu atît mai mare cu cît lungimea liniei este mai mare.

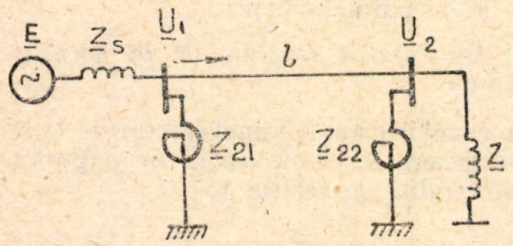


Fig. 1. Schema echivalentă de calcul al supratensiunilor generate de separarea bruscă de sarcină, linia avînd montate reactoare la ambele extremități.

Pentru calculul exact se consideră linia cu constante uniform distribuite. În cazul montării de reactoare la ambele extremități ale liniei funcționînd în sarcină, coeficientul de supratensiune de-a lungul unei linii după separarea bruscă de sarcină ($\underline{Z}$) este dat de relația [5] (fig. 1):

$$\underline{k}(x) = \frac{\underline{U}_x(x)}{\underline{U}(x)} = \frac{\dfrac{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x + \underline{\alpha}'_2)}{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}'_2)}}{\dfrac{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x + \underline{\alpha}_2)}{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)}} \qquad (3)$$

cu notațiile:

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_{R1}\cdot\underline{Z}_s}{\underline{Z}_{R1} + \underline{Z}_s}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (4)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}\cdot\underline{Z}}{\underline{Z}_{R2} + \underline{Z}}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (5)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}'_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}}{\underline{Z}_C} \qquad (16)$$

unde

$\underline{U}_x(x)$ este tensiunea de-a lungul liniei după separarea sarcinii;
$\underline{U}\,(x)$ — tensiunea de-a lungul liniei înainte de separare;
$\underline{Z}_C$ — impedanța caracteristică a liniei;
l — lungimea liniei.

Datorită dificultății calculului în complex pentru funcțiile hiperbolice, se poate utiliza relația echivalentă:

$$\underline{k}(x) = \frac{\underline{U}_x(x)}{\underline{U}(x)} = 1 + \frac{\dfrac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}}\cdot[\mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot l + \underline{\alpha}_1) - \mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x)]}{\left[1 + \left(\dfrac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}} + \dfrac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_{R2}}\right)\cdot\mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot l - \underline{\gamma}\cdot x)\right]\left[1l + \dfrac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_{R2}}\cdot\mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot 1 + \underline{\alpha}_1)\right]} \qquad (7)$$

Relațiile (3) și (7) reprezintă cele mai generale expresii pentru determinarea coeficientului supratensiunilor temporare în orice punct al liniei sau la bornele generatorului, în cazul separării de sarcini, pentru orice schemă de rețea, pentru orice ipoteză de montare a reactoarelor, cu considerarea sau fără considerarea pierderilor.

3. Prezentarea unui algoritm de calcul al supratensiunilor

Pentru calculul supratensiunilor temporare generate de separarea de sarcini s-a alcătuit un program de calcul denumit ARCSAR, al cărui algoritm are la bază schema din figura 2. Schema prezintă o linie de lungime $l = l_1 + l_2$, în care se poate lua în considerare și o stație intermediară ce poate avea racordat un consumator sau numai un reactor de compensare. Coeficientul de supratensiune într-un punct oarecare x_1 al tronsonului de linie de lungime l_1, luînd în considerare și tronsonul de linie l_2, se determină cu relația:

$$\underline{k}(x_1) = \frac{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)\cdot\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1 + \underline{\alpha}_2)}{\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}'_2)\cdot\mathrm{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1 + \alpha_2)} \qquad (8)$$

cu notațiile:

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}_1 = \frac{\underline{Z}_s\cdot\underline{Z}_{R1}}{\underline{Z}_s + \underline{Z}_{R1}}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (9)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}\cdot\underline{Z}_{23}}{\underline{Z}_{R2} + \underline{Z}_{23}}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (10)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}_3 = \frac{\underline{Z}_{R3}\cdot\underline{Z}_3}{\underline{Z}_{R3} + \underline{Z}_3}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (11)$$

$$\underline{Z}_{23} = \underline{Z}_C\cdot\mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot l_2 + \underline{\alpha}_3) \qquad (12)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}'_2 = \frac{\underline{Z}_{R2}\cdot\underline{Z}'_{23}}{\underline{Z}_{R2} + \underline{Z}'_{23}}\cdot\frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad (13)$$

$$\mathrm{th}\,\underline{\alpha}'_3 = \frac{\underline{Z}_{R3}}{\underline{Z}_C} \qquad (14)$$

$$\underline{Z}'_{23} = \underline{Z}_C\cdot\mathrm{th}(\underline{\gamma}\cdot l_2 + \underline{\alpha}'_3) \qquad (15)$$

Coeficientul de supratensiune într-un punct oarecare x_2 al liniei de lungime l_2, luînd în con-

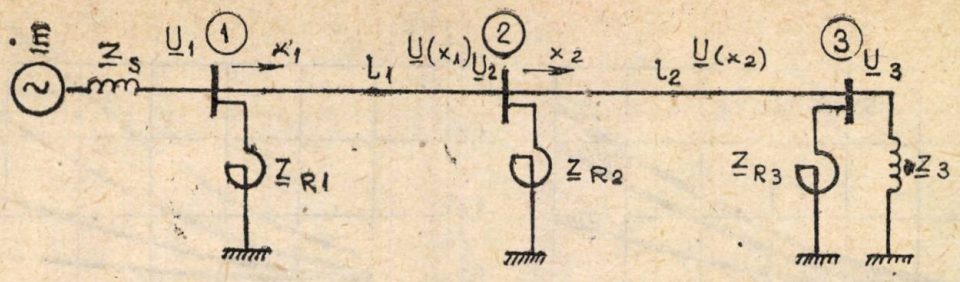


Fig. 2. Schema de calcul luată în considerare la alcătuirea algoritmului de calcul al programului ARCSAR.

siderare și tronsonul de linie l_1, se determină cu relația [5]:

$$\underline{k}(x_2) = \frac{\operatorname{sh}\underline{\alpha}_2' \cdot \operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2)\cdot \operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 + \underline{\alpha}_3)\cdot \operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2 + \underline{\alpha}_3')}{\operatorname{sh}\underline{\alpha}_2 \cdot \operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 + \underline{\alpha}_1 + \underline{\alpha}_2')\cdot \operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 + \underline{\alpha}_3')\cdot \operatorname{sh}\cdot(\underline{\gamma} l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2 + \underline{\alpha}_3)} \tag{16}$$

în care notațiile sînt cele de la (9) — (15).

Datorită complexității determinării în complex a funcțiilor inverse ale funcțiilor hiperbolice s-au utilizat în locul relațiilor (8) și (16) relațiile [5]:

$$\underline{k}(x_1) = \frac{\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1)\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_2'}{\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1)\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_2} \cdot \frac{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)}{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2'(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)} \tag{17}$$

$$\underline{k}(x_2) = \frac{\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2)\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_3'}{\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2)\operatorname{th}\underline{\alpha}_3} \cdot \frac{\operatorname{th}\underline{\alpha}_2'(\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_2 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_2\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_3)}{\operatorname{th}\underline{\alpha}_2'(\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_2 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_2\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_3')} \cdot \frac{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)}{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2'(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)} \tag{18}$$

Relațiile (17) și (18) sînt echivalente relațiilor (8) și (16), obținîndu-se după cîteva transformări.

Cu ajutorul relațiilor [5], [[6]:

$$\underline{U}(x_1) = \underline{E}\cdot\frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_s}\cdot\frac{\operatorname{th}\underline{\alpha}_1\cdot[\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_1 - \underline{\gamma}\cdot x_1)\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_2]}{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)} \tag{19}$$

$$\underline{U}(x_2) = \underline{E}\cdot\frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_s}\cdot\frac{\operatorname{th}\underline{\alpha}_1\cdot\operatorname{th}\underline{\alpha}_2\cdot[\operatorname{sh}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2) + \operatorname{ch}(\underline{\gamma}\cdot l_2 - \underline{\gamma}\cdot x_2)\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_3]}{[\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1 + \operatorname{th}\underline{\alpha}_2(\operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_1 + \operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_1\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_1)}\cdot\frac{1}{\operatorname{sh}\underline{\gamma}\cdot l_2 + \operatorname{ch}\underline{\gamma}\cdot l_2\cdot \operatorname{th}\underline{\alpha}_3}, \tag{20}$$

cu notațiile de la (9) — (12), se obțin tensiunile pe cele două tronsoane de linie înainte de separarea sarcinii.

În cadrul programului, bobinele de reactanță s-au modelat prin dipoli (cu rezistență și reactanță) conectați între nodul respectiv și pămînt, linia se introduce prin parametrii specifici, iar sarcina sub formă de impedanță.

4. Rezultate de calcul și concluzii

Cu ajutorul programului ARCSAR s-au efectuat calcule de supratensiuni temporare generate de separarea bruscă de sarcini pentru LEA de 400 și 750 kV.

Algoritmul și programul prezentate permit un calcul parametric complet al acestor supratensiuni, avînd posibilitatea variației următorilor parametri: puterea de scurtcircuit a sursei, puterea transportată pe LEA, factorul de putere al puterii transportate (capacitiv, inductiv, rezistiv), lungimea LEA, gradul de compensare, punctul de compensare, posibilitatea considerării unor consumatori într-un anumit punct al LEA.

Parametrii electrici ai LEA, sistem, reactoare, sarcini, s-au considerat sub formă complexă (rezistență și reactanță), putîndu-se analiza astfel și influența componentei rezistive asupra valorilor supratensiunilor. De asemenea, se pot determina coeficienții de supratensiune temporară, atît la cele două extremități ale LEA, cît și în orice punct de-a lungul LEA studiate.

În figurile 3—9 se redau unele dintre aceste rezultate de calcul pentru a scoate în evidență influența diferitor parametri asupra valorilor supratensiunilor. Rezultate complete sînt expuse în [6].

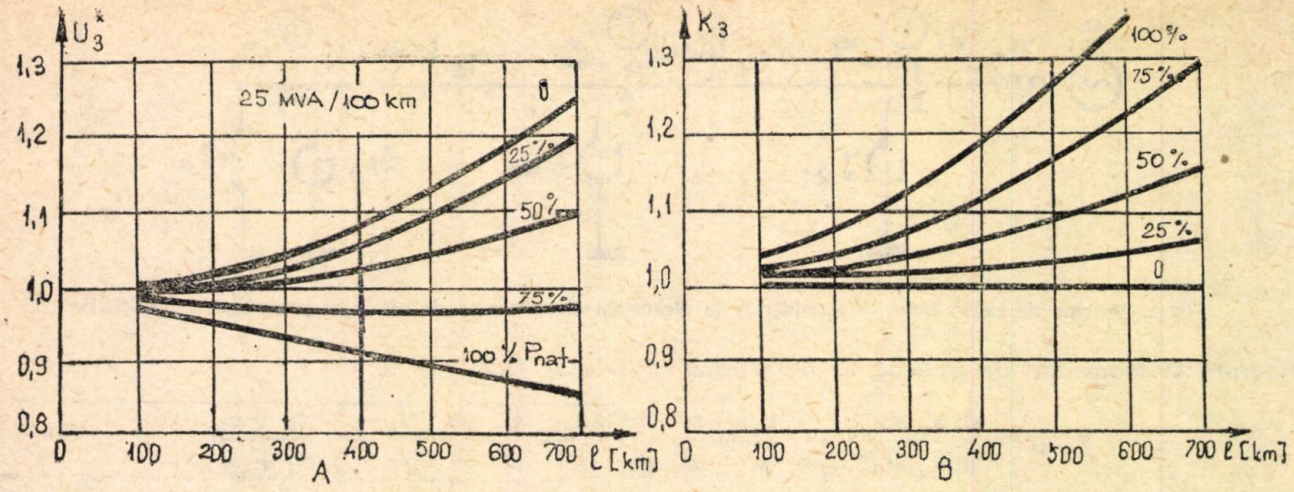


Fig. 3. Variația tensiunii unei LEA de 400 kV la punctul de separare a sarcinii (punctul *3*), în funcție de lungimea liniei pentru diferite variante ale puterii sarcinii separate: $\cos\varphi = 1$; 25 MVA/100 km $\approx$ 45 % compensare, $S_{sc} = 5000$ MVA.

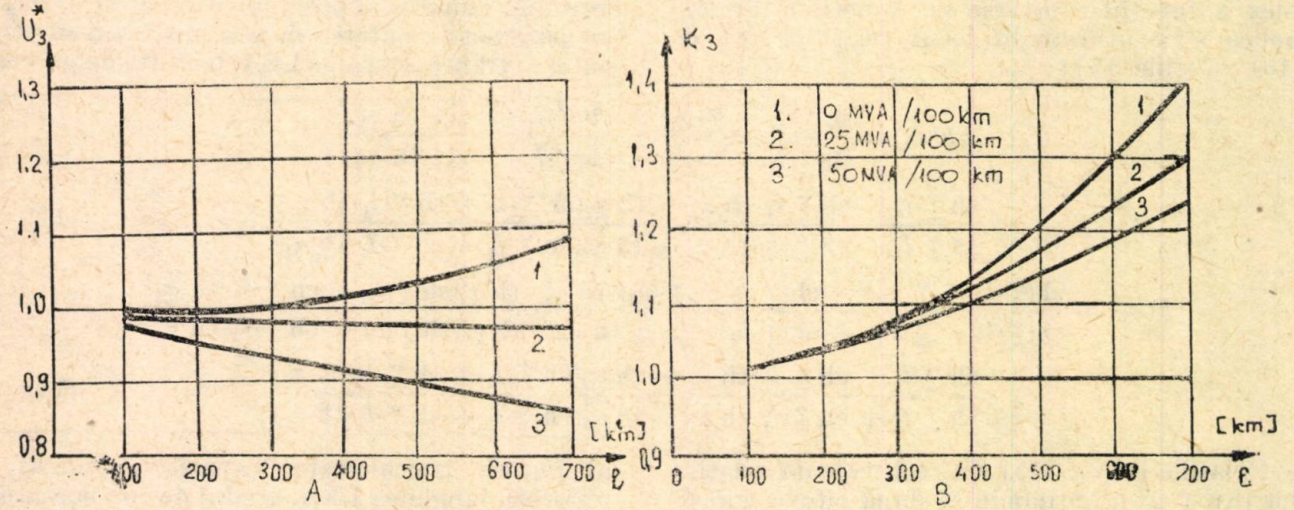


Fig. 4. Variația tensiunii unei LEA de 400 kV la punctul de separare (punctul *3*), în funcție de lungimea liniei pentru diferite grade de compensare (0 %; 45 %; 90 %):
$\cos\varphi = 1$; $S_{sc} = 5000$ MVA, 75 % P_{nat} sarcina separată.

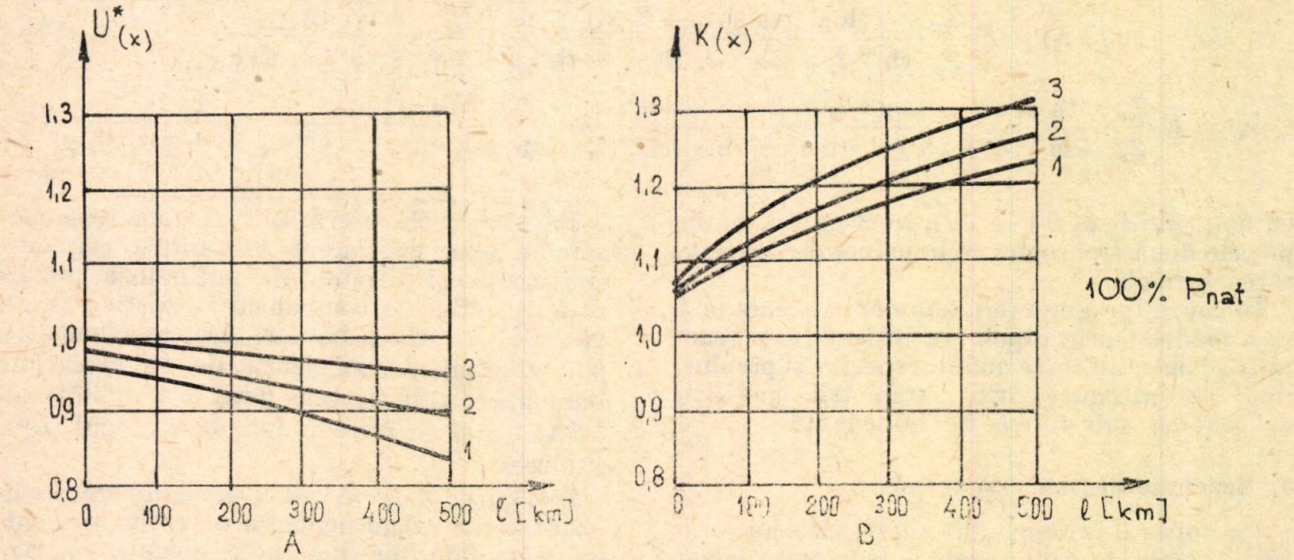


Fig. 5. Variația tensiunii de-a lungul unei LEA de 400 kV, pentru puterea transportată de 100 % din $P_{nat\ linie}$ în trei variante de compensare (0 %, 45 %, 90 % compensare), $\cos\varphi = 1$, $S_{sc} = 5000$ MVA;
1 — 50 MVA/100 km $\approx$ 90 % compensare; *2* — 25 MVA/100 km $\approx$ 45 % compensare; *3* — 0/100 km = 0 % compensare.

Toate fenomenele analizate s-au prezentat prin două diagrame : diagrama *A* (din stînga) indică tensiunea înainte de separarea de sarcină U^* (u.r.) (raportată la tensiunea nominală de fază a LEA), iar diagrama *B* (din dreapta) prezintă coeficientul de supratensiune calculat după separarea sarcinii U/U^*. Astfel, se poate determina rapid configurația de rețea (linie, compensare, reglaj etc.) necesară pentru transportul unei puteri pe linie, precum și supratensiunea temporară care apare la separarea bruscă de sarcini în condiții date.

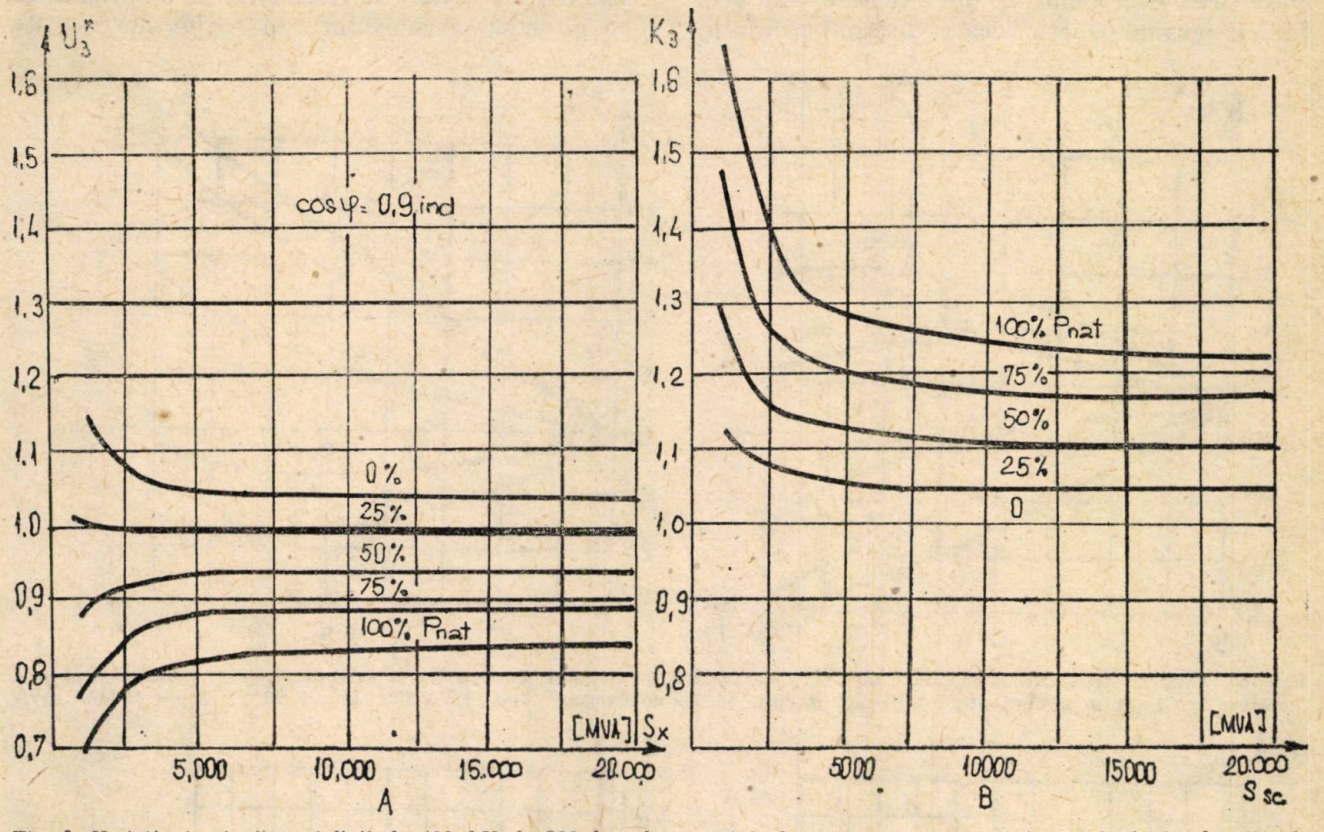


Fig. 6. Variația tensiunii unei linii de 400 kV de 300 km la punctul de separare a sarcinii (punctul *3*), în funcție de puterea de scurtcircuit a sursei (1000 – 20 000 MVA) pentru diferite variante de putere a sarcinii (0 – 100 % $P_{nat\ linie}$) ($\cos\varphi = 0{,}9$ ind) compensare 50 MVA/100 km ≈ 90 %.

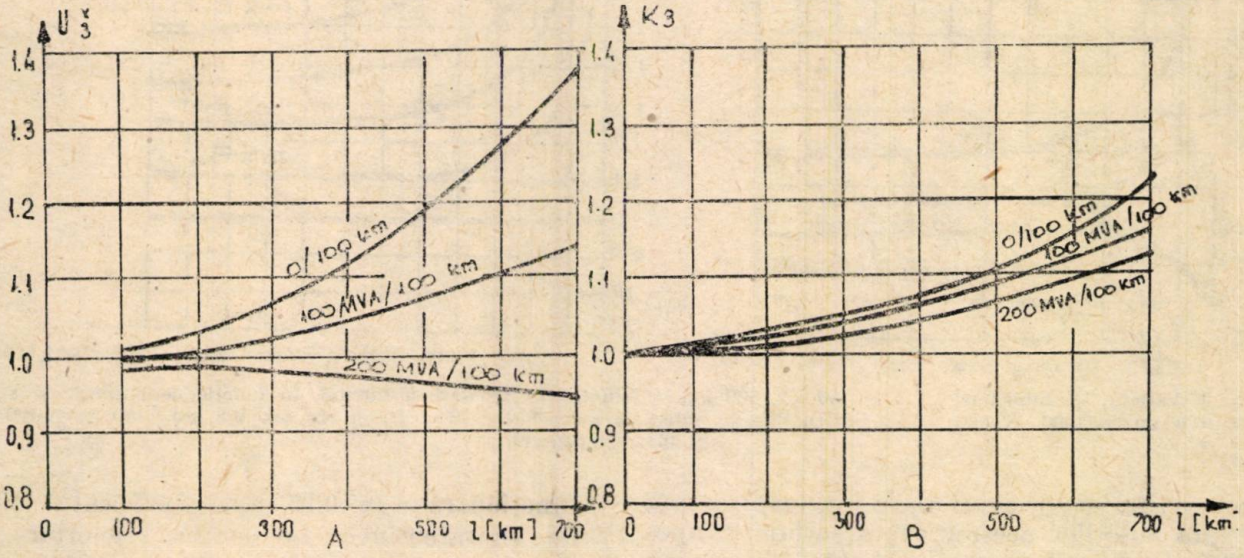


Fig. 7. Variația tensiunii unei LEA de 750 kV în punctul de separare a sarcinii, în funcție de lungimea liniei pentru o sarcină de 50 % P_{nat}, $\cos\varphi = 1$, pentru trei variante de compensare (0 %, 46 %, 92 %), $S_{sc} = 10\,000$ MVA.

Valoarea supratensiunilor temporare care apar la separarea de sarcină, raportată la tensiunea

de fază nominală a reţelei (valoare care dictează unele caracteristici de aparataj), se obţine prin înmulţirea coeficienţilor de tensiune din cele două diagrame pentru fiecare variantă studiată.

din P_{nat}, la cos $\varphi = 0{,}8$ ind. şi $S_{sc} = 5000$ MVA se obţine pentru supratensiunea temporară o valoare de 1,45 u.r. Analizînd şi diagrama *A* se observă că tensiunea în regim normal de

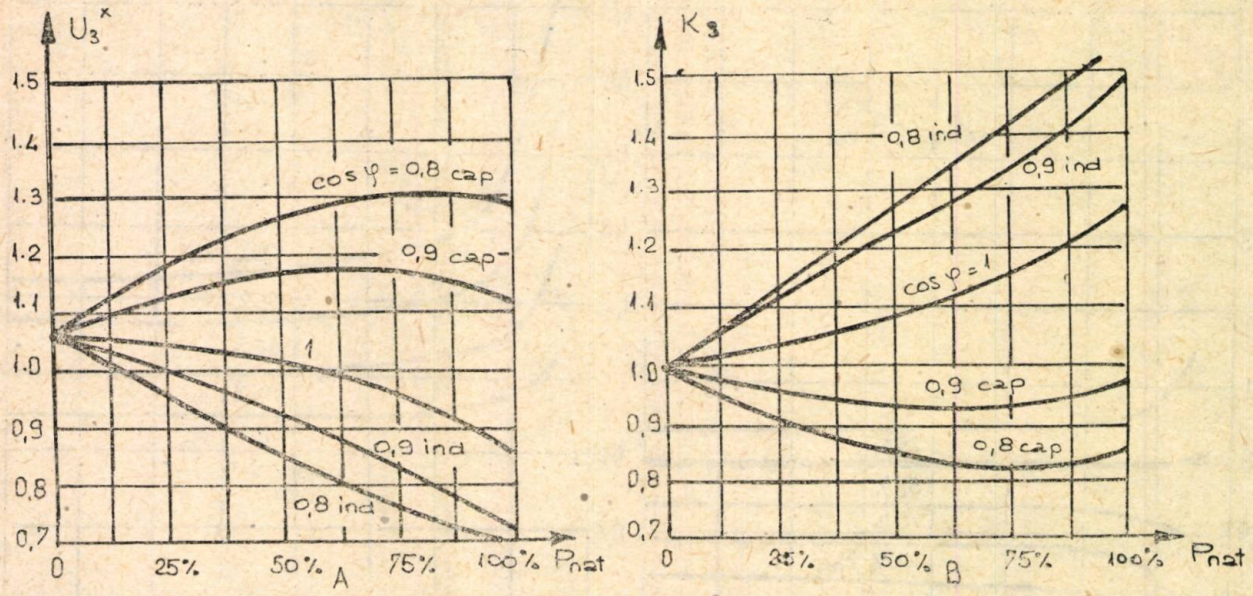


Fig. 8. Variaţia tensiunii unei LEA de 750 kV, 500 km la punctul de separare a sarcinii (0 – 100 % din $P_{nat\ linie}$) şi factorul de putere a sarcinii (0,8, 0,9 cap. şi ind. şi 1); compensare 200 MVA/100 km ≈ 92 %; $S_{sc} = 10\,000$ MVA.

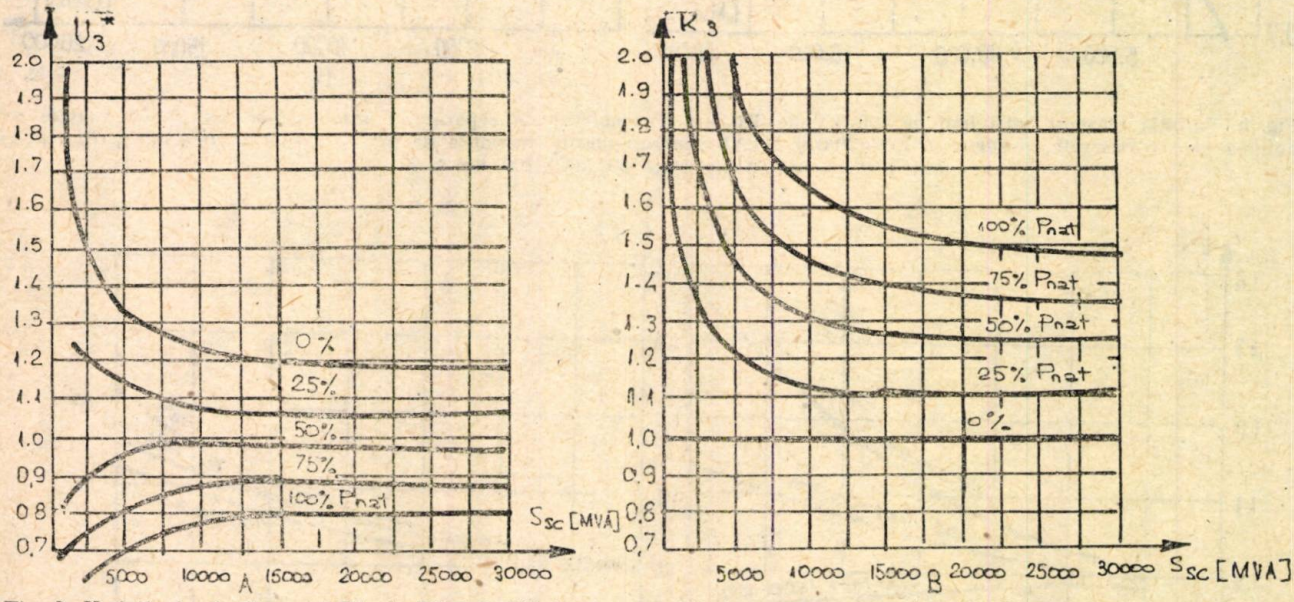


Fig. 9. Variaţia tensiunii unei LEA de 750 kV, 500 km în punctul de separare a sarcinii, în funcţie de puterea de scurt-circuit a sursei (1000 – 30 000 MVA) pentru diferite valori de sarcină (0 – 100 % P_{nat}), cos $\varphi = 0{,}8$ ind., 100 MVA/100 km ≈ 46 % compensare.

În acest fel se pot evita unele concluzii eronate asupra valorilor acestor supratensiuni temporare, avînd posibilitatea imediată de a elimina din studiu variantele în care tensiunea în punctul analizat, în regim normal de funcţionare, anterior separării sarcinii ar fi mai mică decît valoarea minimă admisibilă (cu considerarea tuturor măsurilor de reglaj al tensiunii). De exemplu, în figura 9, analizînd numai diagrama *B*, pentru un transport de putere de 50 % funcţionare este 0,95 u.r. Coeficientul total de supratensiune temporară (raportare la tensiunea de fază nominală a reţelei) este 0,95 · 1,45 = 1,38 u.r. Deci coeficientul de supratensiune trebuie calculat prin raportare la tensiunea nominală de fază a reţelei şi nu la valoarea tensiunii anterioare separării (în locul separării), aşa cum eronat se indică în unele materiale de specialitate.

Analiza rezultatelor de calcul al supratensiunilor temporare trebuie efectuată ținînd seama de două aspecte. Supratensiunile temporare au importanță atît la alegerea caracteristicilor unor aparataje (descărcătoare, transformatoare etc., prin amplitudinea lor, durata și supratensiunile care acționează), cît și la determinarea componentei permanente a supratensiunilor de comutație. Deci trebuie acordată atenție nu numai valorilor mari de supratensiuni temporare, care condiționează în mare măsură alegerea descărcătoarelor, ci și unor valori mai mici ale supratensiunilor, care pot să conducă la efecte negative asupra transformatoarelor în cazul acțiunilor de durată (la 1,1 ori tensiunea nominală a transformatorului, datorită saturației curbei de magnetizare, crește foarte mult curentul de magnetizare, provocînd încălziri suplimentare în transformator) și la valori mari ale coeficientului total de supratensiune de comutație.

Din analiza diagramelor prezentate în figurile 3—9 se observă că :

— Valorile supratensiunilor temporare cresc proporțional cu lungimea liniei.

— Valorile supratensiunilor temporare scad cu creșterea puterii de scurtcircuit a sursei.

— Valorile supratensiunilor temporare variază în funcție de puterea transportată pe linie și de factorul de putere al puterii transportate.

— Compensarea transversală conduce la reducerea valorilor supratensiunilor temporare, fiind mai eficace în cazul compensării la extremitatea care rămîne în gol. De asemenea, compensarea transversală este mai eficace în rețelele cu putere de scurtcircuit mai mică.

Pentru valorile uzuale de lungimi ale LEA de 400 kV (100—300 km) și valori uzuale de puteri de scurtcircuit (5000—15000 MVA), specifice pentru rețelele din țara noastră, se observă că valorile supratensiunilor temporare sînt în diapazonul 1,05—1,2 u.r., atingînd numai în condiții extreme valori de 1,25 u.r. Valori mari se obțin numai pentru puteri mici de scurtcircuit (1000—2000 MVA). Aceste date conduc la concluzia că pentru rețeaua noastră de 400 kV cu lungimi relativ mici de linii (pînă la 300 km) nu apar valori mari de supratensiuni temporare generate de separări de sarcini și nu se pun deci probleme în alegerea descărcătoarelor. Totuși aceste valori de supratensiuni trebuie luate în considerare la calculul coeficientului total al supratensiunilor de comutație și nu trebuie să acționeze timp îndelungat asupra aparatajului din stații și de pe linii.

Pentru LEA de 750 kV, datorită lungimilor mai mari (300—700 km), valorile supratensiunilor temporare generate de separarea de sarcini sînt mai mari (1,2—1,5 și chiar mai mult), în funcție de gradul de compensare, puterea de scurtcircuit, puterea transportată și factorul de putere. Valorile mari apar atunci cînd puterea de scurtcircuit a stațiilor din capete este relativ mică ($< 10—15$ GVA). Datorită acestor valori, în rețeaua de 750 kV este necesar un grad de compensare mai mare. De asemenea, trebuie să se țină seama de faptul că în rețeaua de 750 kV nivelul relativ de izolație este mai mic decît în rețeaua de 400 kV.

— Este necesară utilizarea unei compensări transversale justificate tehnico-economic.

— Deconectarea liniilor de transport trebuie să se facă cu o pregătire prealabilă, care constă în descărcarea liniilor de sarcină, reglarea corespunzătoare a prizelor transformatoarelor de la capete, iar deconectarea trebuie începută cu întrerupătorul din partea sistemului cu puterea cea mai mică.

— Se impune utilizarea unei protecții prin relee temporizată în funcție de amplitudinile supratensiunilor temporare care vor apărea.

Bibliografie

[1] Drăgan, G. ș.a. *Supratensiuni interne în sistemele electroenergetice*. Editura tehnică, București, 1975.

[2] Schei, A. și Johansson, A. *Surtensions temporaires et exigences à satisfaire pour la protection par parafoudres, à très haute et à ultra-haute tension*. CIGRE — 1972, rap. 33—04.

[3] Gert, R. ș.a. *Surtensions temporaires, leur classification, grandeur, durée, forme d'onde et fréquence*. CIGRE — 1972, rap. 33—12.

[4] Peterson, H. A. *Transients in power systems*. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1951.

[5] Vatră, F. *Supratensiuni de comutație și temporare. Stadiul actual al coordonării izolației la aceste supratensiuni*. Referat în cadrul tezei de doctorat, 1979.

[6] Vatră, F. *Determinarea analitică și pe model a supratensiunilor temporare în circuite liniare*. Referat în cadrul tezei de doctorat, 1980.

(Articol intrat în redacție la 13 octombrie 1981)

Considerații privind proprietățile codurilor grupelor de conexiuni determinate prin metoda curentului continuu

Ing. D. Cernomazu*)

Generalități

Lucrarea prezentată în cele ce urmează reprezintă o continuare a articolului „Considerații privind verificarea grupei de conexiuni aferentă transformatoarelor electrice trifazate, prin metoda curentului continuu", publicat în nr. 9 din 1981 al revistei „Energetica". Preluind o parte din ideile acestui articol se prezintă în cele ce urmează proprietățile codurilor grupei de conexiuni, precum și legătura dintre aceste proprietăți și fenomenele legate de modificarea grupei de conexiuni la transformatoarele trifazate.

Codurile clasice, realizate prin semnale analogice de tipul (+) (−) și (lipsă indicație), au fost înlocuite cu coduri numerice.

S-a considerat că cele trei semnale analogice constituie stări trivalente reprezentate prin 0 pentru lipsa indicației, prin 1 pentru indicația „minus" și prin 2 pentru indicația „plus".

Fiecare cod numeric aferent unei grupe de conexiuni poate fi reprezentat printr-un tablou numeric de forma

	ab	*bc*	*ca*
AB	η_{11}	η_{12}	η_{13}
BC	η_{21}	η_{22}	η_{23}
CA	η_{31}	η_{32}	η_{33}

unde un element numeric η_{ij} poate lua una din valorile 0, 1, 2.

Elementele codului prezentat mai sus, repartizate pe cele trei linii, alcătuiesc combinații de trei cifre, a căror valoare, considerată în sistemul cu baza 10, se notează cu X_K, Y_K, Z_K, reprezintă variabilele dependente ale codului unei grupe cu indicele orar K, adică :

$$X_K = f(\eta_{11}; \eta_{12}; \eta_{13}) \quad Y_K = f(\eta_{21}; \eta_{22}; \eta_{23})$$

$$Z_K = f(\eta_{31}; \eta_{32}; \eta_{33})$$

1. Proprietăți generale

Examinarea tuturor codurilor din tabelul 1 scoate în evidență următoarele proprietăți :

1.1. Elementele fiecărei linii a codului grupei de conexiuni exprimate prin variabilele trivalente se obțin din elementele liniei precedente după efectuarea unei permutări circulare în sens direct asupra acestora.

Proprietatea enunțată anterior se poate exprima astfel :

Considerînd $X_K = \{\eta_{11}, \eta_{12}, \eta_{13}\}$ ca fiind mulțimea variabilelor independente aferente primei linii a matricei codului grupei și aplicînd asupra acesteia o permutare definită prin

$$\varphi(\eta_{11}) = \eta_{13}; \quad \varphi(\eta_{12},) = \eta_{11}; \quad \varphi(\eta_{13}) = \eta_{12}$$

se obține $Y_K = \{\eta_{21}; \eta_{22}; \eta_{23}\}$, ce reprezintă mulțimea variabilelor independente aferentă celei de-a doua linii a matricei codului.

Aplicînd asupra mulțimii $Y_K = \{\eta_{21}; \eta_{22}; \eta_{23}\}$, cu semnificația arătată, o permutare ψ definită prin

$$\psi(\eta_{21}) = \eta_{23}; \quad \psi(\eta_{22}) = \eta_{21}; \quad \psi(\eta_{23}) = \eta_{22}$$

se obține $Z_K = \{\eta_{31}; \eta_{32}; \eta_{33}\}$, ce reprezintă mulțimea variabilelor dependente aferente liniei a treia a matricei codului grupei.

Făcînd referiri asupra semnului permutării se constată că

$$\text{sign } \varphi = 1 \text{ și sign } \psi = 1.$$

Ca urmare a celor arătate, între variabilele independente ce alcătuiesc matricea codului grupelor de conexiuni se stabilesc următoarele relații matematice :

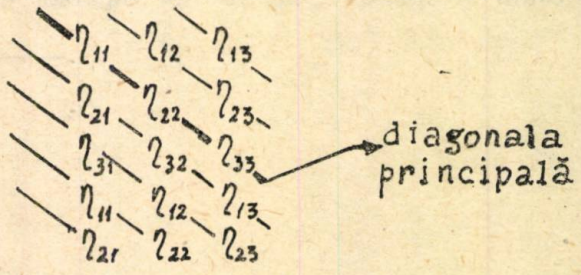
$$\eta_{11} = \eta_{22} = \eta_{33}$$

$$\eta_{12} = \eta_{23} = \eta_{31}$$

$$\eta_{13} = \eta_{21} = \eta_{32}$$

Pentru eliminarea necesității memorării acestor relații, se indică o regulă practică asemănătoare regulii lui Sarrus (aplicată pentru calculul determinanților de ordinul trei), și anume :

În continuarea tabloului codului format din cele trei linii a cîte trei elemente se așază primele două linii. Se obține un tablou format din șase linii a cîte trei elemente. Toate elementele aflate pe diagonala principală a tabloului codului cît și pe celelalte diagonale paralele cu aceasta sînt egale între ele.



Această proprietate (comună tuturor grupelor de conexiuni) — foarte importantă de altfel — dă posibilitatea alcătuirii codului unei grupe de conexiuni, cînd se cunoaște combinația de

*) Ing. Dorel Cernomazu lucrează la URTAE Roman.

Tabelul 1

$G_1 = \begin{Vmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{Vmatrix}$	$X_1 = 210 \quad Y_1 = 021 \quad Z_1 = 102$ $X_1^* = 201 \quad Y_1^* = 120 \quad Z_1^* = 012$	
$G_2 = \begin{Vmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 \end{Vmatrix}$	$X_2 = 212 \quad Y_2 = 221 \quad Z_2 = 122$ $X_2^* = 221 \quad Y_2^* = 122 \quad Z_2^* = 212$	
$G_3 = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 \end{Vmatrix}$	$X_3 = 012 \quad Y_3 = 201 \quad Z_3 = 120$ $X_3^* = 021 \quad Y_3^* = 102 \quad Z_3^* = 210$	
$G_6 = \begin{Vmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$	$X_6 = 122 \quad Y_6 = 212 \quad Z_6 = 221$ $X_6^* = 122 \quad Y_6^* = 212 \quad Z_6^* = 221$	
$G_5 = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$	$X_5 = 102 \quad Y_5 = 210 \quad Z_5 = 021$ $X_5^* = 120 \quad Y_5^* = 012 \quad Z_5^* = 201$	
$G_{10} = \begin{Vmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \end{Vmatrix}$	$X_{10} = 221 \quad Y_{10} = 122 \quad Z_{10} = 212$ $X_{10}^* = 212 \quad Y_{10}^* = 221 \quad Z_{10}^* = 122$	
$G_7 = \begin{Vmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$	$X_7 = 120 \quad Y_6 = 012 \quad Z_7 = 201$ $X_7^* = 102 \quad Y_7^* = 210 \quad Z_7^* = 021$	
$G_4 = \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$	$X_4 = 112 \quad Y_4 = 211 \quad Z_4 = 121$ $X_4^* = 121 \quad X_4^* = 112 \quad Z_4^* = 211$	
$G_9 = \begin{Vmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \\ 2 & 1 & 0 \end{Vmatrix}$	$X_9 = 021 \quad Y_9 = 102 \quad Z_9 = 210$ $X_9^* = 012 \quad Y_9^* = 201 \quad Z_9^* = 120$	
$G_8 = \begin{Vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 \end{Vmatrix}$	$X_8 = 121 \quad Y_8 = 112 \quad Z_8 = 211$ $X_8^* = 112 \quad Y_8^* = 211 \quad Z_8^* = 121$	
$G_{11} = \begin{Vmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \end{Vmatrix}$	$X_{11} = 201 \quad Y_{11} = 120 \quad Z_{11} = 012$ $X_{11}^* = 210 \quad Y_{11}^* = 021 \quad Z_{11}^* = 102$	
$G_{12} = \begin{Vmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{Vmatrix}$	$X_{12} = 211 \quad Y_{12} = 121 \quad Z_{12} = 112$ $X_{12}^* = 211 \quad Y_{12}^* = 121 \quad Z_{12}^* = 112$	

elemente trivalente aferentă unei singure linii a codului.

În felul arătat, codul celor 12 grupe de conexiuni poate fi reprezentat prin combinația de elemente trivalente aferentă primei linii.

1.2. Între variabilele dependente aferente primei linii din codul grupelor de conexiuni 1 și 2 există următoarele relații matematice :

$$X_2 = X_1 + 2$$

1.3. Considerînd

$$G_K = \begin{Vmatrix} \eta_{11} & \eta_{12} & \eta_{13} \\ \eta_{21} & \eta_{22} & \eta_{23} \\ \eta_{31} & \eta_{32} & \eta_{33} \end{Vmatrix}$$

ca fiind matricea codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K (K = 1, 2, 3 \ldots 12)$

atunci $\bar{G}_K \begin{Vmatrix} \bar{\eta}_{11} & \bar{\eta}_{12} & \bar{\eta}_{13} \\ \bar{\eta}_{21} & \bar{\eta}_{22} & \bar{\eta}_{23} \\ \bar{\eta}_{31} & \bar{\eta}_{32} & \bar{\eta}_{33} \end{Vmatrix}$

reprezintă matricea aferentă codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K + 6$, cu specificația că

$$\bar{\eta}_{ij} = 1 \quad \text{pentru} \quad \eta_{ij} = 2$$
$$\bar{\eta}_{ij} = 2 \quad \text{pentru} \quad \eta_{ij} = 1$$
$$\bar{\eta}_{ij} = 0 \quad \text{pentru} \quad \eta_{ij} = 0$$

Proprietatea enunțată se numește *proprietatea negației codurilor* și se poate exprima prin relația matematică :

$$\bar{G}_K = G_{K+6}$$

Proprietatea negației codurilor reflectă un fenomen întîlnit la transformatoarele electrice trifazate, și anume : schimbarea sensului din înfășurări în oricare dintre bobinajele de î.t. sau j.t. duce la modificarea cu 6 ore a indicelui orar al grupei de conexiuni inițiale.

1.4. Considerînd matricea G_K aferentă codului grupei de conexiuni cu indicele orar K, schimbarea între ele a două linii sau a două coloane duce la obținerea unei matrice care nu se încadrează în familia matricelor codurilor aferente

celor 12 grupe de conexiuni. Această proprietate reflectă fenomenul întîlnit la transformatoarele trifazate, caracterizat prin aceea că schimbarea între ele a numai două faze pe oricare dintre bobinajele de î.t. sau j.t. duce la grupe care nu pot avea o notație orară, deoarece schimbarea a două faze la una din înfășurări modifică sensul relativ de succesiune al fazelor respective, deci unghiul de defazaj dintre tensiunile omoloage nu mai este același pentru toate fazele.

Proprietatea 1.4. se poate exprima matematic astfel:

Considerînd $M_K = \{X_K, Y_K, Z_K\}$ mulțimea variabilelor dependente aferente unei grupe de conexiuni cu indicele orar K și aplicînd asupra acesteia o permutare de poziție δ, se obține o mulțime M de variabile dependente, care nu poate fi asociată unei grupe de conexiuni.

Fiind vorba de o permutare de poziție, rezultă:

$$\text{sign}\delta = -1.$$

1.5. Considerînd matricea G_K aferentă codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K(K = 1, 2, 3 \ldots 12)$, permutarea circulară, în sens direct a liniilor, conduce la obținerea matricei codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K + 4$, după cum permutarea acelorași elemente în sens invers conduce la obținerea matricei codului grupei cu indicele orar $K - 4$.

Proprietatea enunțată se poate exprima matematic astfel: Considerînd $M_K = \{X_K; Y_K; Z_K\}$ mulțimea variabilelor dependente aferente codului grupei cu indicele orar K și aplicînd asupra acesteia o permutare γ definită prin

$$\gamma(X_K) = Z_K; \gamma(Y_K) = X_K; \gamma(Z_K) = Y_K$$

se obține

$$M_{K+4} = \{X_{K+4}; Y_{K+4}; Z_{K+4}\}$$

ce reprezintă mulțimea variabilelor dependente aferente unei grupe cu indicele orar $K + 4$.

Dacă asupra mulțimii $M_K = \{X_K, Y_K, Z_K\}$ se aplică permutarea β definită prin

$$\beta(X_K) = Y_K; \beta(Y_K) = Z_K; \beta(Z_k) = X_K$$

se obține

$$M_{K-4} = \{X_{K-4}; Y_{K-4}, Z_{K-4}\}$$

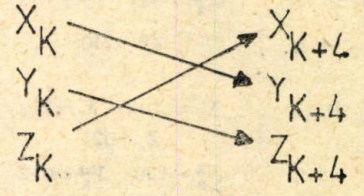
ce reprezintă mulțimea variabilelor dependente aferente grupei de conexiuni cu indicele orar $K-4$.

Făcînd referiri asupra semnului permutărilor se constată că sign $\gamma = 1$ și sign $\beta = 1$.

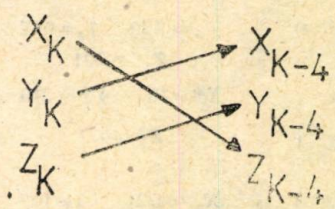
Avînd în vedere cele arătate, între variabilele dependente aferente grupelor cu indicele orar K, $K+4$, $K-4$ se stabilesc următoarele relații matematice:

$$X_K = Z_{K-4} = Y_{K+4}$$
$$Y_K = X_{K-4} = Z_{K+4}$$
$$Z_K = Y_{K-4} = X_{K+4}$$

Schema permutării circulare directe se prezintă astfel:



iar cea a permutării circulare inverse:



Aceleași considerații pot fi făcute și asupra coloanelor codului, unde fiecărei coloane i se poate atașa cîte o variabilă dependentă X'_K, Y'_K, Z'_K definite prin

$$X^*_K = f(\eta_{11}, \eta_{21}, \eta_{31})$$

$$Y^*_K = f(\eta_{12}, \eta_{22}, \eta_{32})$$

$$Z^*_K = f(\eta_{13}, \eta_{23}, \eta_{33})$$

Proprietatea enunțată reflectă fenomenul caracteristic transformatoarelor trifazate, prin care, la permutarea circulară a bornelor primare sau a bornelor secundare, se obține modificarea indicelui orar al grupei de conexiuni cu $+4$ sau cu -4 ore.

Modificarea indicelui orar depinde atît de înfășurarea în care are loc permutarea (primar sau secundar), cît și de sensul permutării circulare (direct sau invers). Astfel: permutarea circulară directă a bornelor primare modifică indicele orar cu $+4$ ore, iar cea a bornelor secundare cu -4 ore, după cum permutarea circulară inversă a bornelor primare modifică indicele orar cu -4 ore, iar cea a bornelor secundare cu $+4$ ore.

Indicele orar poate fi modificat atît prin permutarea circulară a bornelor, cît și prin permutarea circulară a fazelor, modificarea nefiind identică, căci, de exemplu, permutarea circulară a bornelor modifică indicele orar în sens invers față de sensul de modificare a indicelui orar provocat de permutarea circulară a fazelor.

Observație

Determinările efectuate de autor au scos în evidență că permutarea circulară a liniilor sau a coloanelor matricei codului grupei de conexiuni produce același efect asupra indicelui orar al codului pe care îl produce permutarea circulară a bornelor primare sau secundare aferente transformatorului asupra indicelui grupei acestuia.

Pornind de la aceste constatări între liniile și coloanele matricei codului grupei de conexiuni, pe de o parte, și bornele primare și secundare, pe de altă parte, se stabilește o corespondență indicată în diagrama din figura 1, unde axele bornelor primare A, B, C, corespund cu liniile matricei codului, iar axele bornelor secundare a, b, c, corespund cu coloanele matricei.

În modul arătat studiul posibilităților de modificare a indicelui orar al grupei de conexiuni prin permutarea circulară a bornelor poate fi efectuat direct pe matricea codului grupei, fără a mai fi necesare determinări pe transformator sau construcții grafice.

1.6. Avînd în vedere proprietățile 1.4. și 1.5. rezultă următoarea proprietate:

Considerînd $M_K = \{X_K, Y_K, Z_K\}$ mulțimea variabilelor dependente aferente unei grupe de conexiuni cu indicele orar K și aplicînd asupra acestei mulțimi o permutare φ, rezultă o mulțime M de variabile dependente care poate fi asociată unei grupe de conexiuni, dacă sign $\varphi = 1$, și care nu poate fi asociată unei grupe de conexiuni, dacă sign $\varphi = -1$.

1.7. Considerînd matricea G_K aferentă codului grupei de conexiuni cu indicele orar K ($K = 1, 2, 3 \ldots 12$), prin schimbarea între ele a două linii și simultan a două coloane, se obține, pentru grupele impare, o matrice cu indicele orar modificat cu ± 2 ore sau, în anumite situații cu $+6$ ore, iar pentru grupele pare, o matrice cu indicele orar modificat cu ± 4 ore, existînd și anumite situații cînd indicele orar rămîne neschimbat.

Proprietatea enunțată reflectă un aspect concret, specific transformatoarelor trifazate, cînd prin schimbarea simultană între ele a două faze, atît pe partea primară cît și pe partea secundară, se obține:

— pentru grupele impare modificarea indicelui orar al grupelor de conexiuni cu ± 2 ore, sau, în anumite situații, cu $+6$ ore;

— pentru grupele pare modificarea indicelui orar cu ± 4 ore, existînd și situații cînd indicele orar rămîne neschimbat.

Din cele arătate se observă că schimbarea între ele a două linii și a două coloane produce același efect asupra indicelui orar al codului grupei pe care îl produce asupra indicelui orar al grupelor de conexiuni aferente unui transformator trifazat, cînd se schimbă între ele două faze, atît pe partea secundară cît și pe partea primară.

Observația anterioară dă posibilitatea stabilirii unei corespondențe între bornele primare ale transformatorului și linia matricei codului, pe de o parte, precum și între bornele secundare și coloanele aceleiași matrice, pe de altă parte.

Această corespondență este indicată în diagrama din figura 1, unde axa bornelor primare ale transformatorului, notate cu A, B, C, corespunde cu liniile matricei codului grupei aferente transformatorului, în timp ce axa bornelor secundare a, b, c corespunde cu coloanele aceleiași matrice.

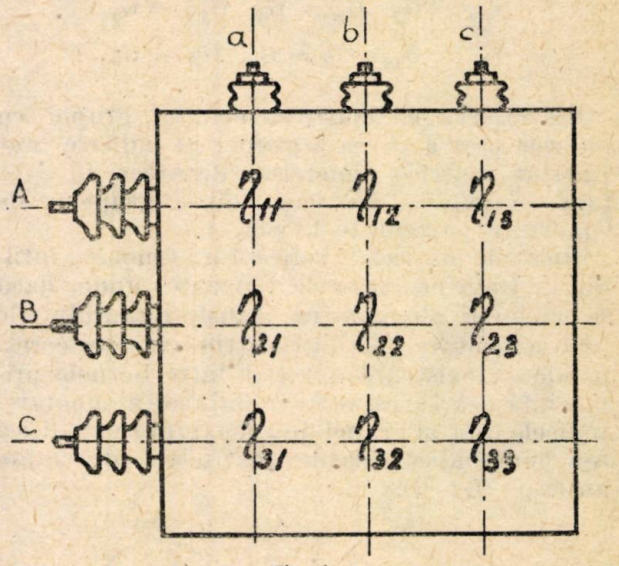


Fig. 1

Diagrama din figura 1 constituie o aplicație a proprietății 1.7, cu scopul studierii posibilităților de modificare a indicelui orar al grupei de conexiuni a transformatorului numai cu ajutorul matricei codului grupei de conexiuni, eliminîndu-se necesitatea unor determinări pe transformator sau a unor construcții grafice anevoioase.

Observație

Unele lucrări de specialitate [6] arată că, prin schimbarea între ele a două faze atît în primar, cît și în secundar, indicele orar al grupelor impare ale transformatoarelor trifazate se modifică cu ± 2 ore, afirmația fiind incompletă, deoarece prin aceeași modalitate se poate obține și modificarea indicelui orar cu $+6$ ore. În aceeași lucrare se arată că schimbarea între ele a fazelor omoloage în primar și în secundar nu modifică indicele orar al grupelor pare.

Determinările efectuate de autor prin metoda curentului continuu au dus la constatarea că există într-adevăr situații cînd, la schimbarea între ele a anumitor două faze în primar și a anumitor două faze în secundar, indicele orar al grupelor pare rămîne neschimbat. Afirmația că schimbarea în primar și secundar a acelorași faze duce la păstrarea neschimbată a indicelui orar este valabilă doar pentru grupele 6 și 12.

1.8. Considerînd

$$G_K = \begin{Vmatrix} \eta_{11} & \eta_{12} & \eta_{13} \\ \eta_{21} & \eta_{22} & \eta_{23} \\ \eta_{31} & \eta_{32} & \eta_{33} \end{Vmatrix}$$

ca fiind matricea codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K (K = 1, 2, 3, \ldots 12)$ și:

$$G_{Kt} = \begin{Vmatrix} \eta_{11} & \eta_{21} & \eta_{31} \\ \eta_{12} & \eta_{22} & \eta_{32} \\ \eta_{13} & \eta_{23} & \eta_{33} \end{Vmatrix}$$

ca fiind matricea transpusă, obținută prin schimbarea liniilor în coloane, se stabilesc următoarele relații matriciale:

$$G_{1t} = G_{11} \quad G_{3t} = G_9 \quad G_{5t} = G_7$$
$$G_{11t} = G_1 \quad G_{9t} = G_3 \quad G_{7t} = G_5$$
$$G_{10t} = G_2 \quad G_{8t} = G_4 \quad G_{12t} = G_{12}$$
$$G_{2t} = G_{10} \quad G_{4t} = G_8 \quad G_{6t} = G_6$$

Se observă că matricea codului grupei cu indicele orar 6 și cea a grupei cu indicele orar 12 sînt matrice simetrice, deoarece $G_t = G$, fapt ce explică particularitățile grupelor de conexiuni prezentate la pct. 1.7.

Relațiile matriciale reflectă un fenomen întîlnit la transformatoarele trifazate, unde, dacă se schimbă alimentarea transformatorului de pe o înfășurare pe alta (păstrînd aceeași corespondență existentă anterior între bornele primei înfășurări și capetele cablului de alimentare) indicele orar al grupei de conexiuni se modifică așa cum indică relațiile matriciale prezentate anterior (fig. 2).

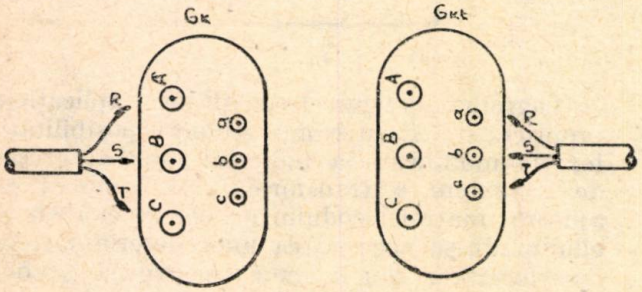


Fig. 2

1.9. Considerînd G_K matricea codului grupei de conexiuni cu indicele orar $K(K = 1, 2, 3...12)$ și aplicînd asupra variabilelor dependente aferente liniilor acestei matrice o permutare φ definită prin $\varphi(X_K) = Z_K$; $\varphi(Y_K) = Y_K$; $\varphi(Z_K) = X_K$ se obține o matrice G_p, unde, aplicînd apoi asupra variabilelor dependente aferente coloanelor o permutare ψ definită prin

$$\psi(X_P^*) = Z_P^*; \quad \psi(Y_P^*) = Y_P^*; \quad \psi(Z_P^*) = X_P^*,$$

rezultă o altă matrice G_p^* din care, prin schimbarea liniilor în coloane, se obține matricea transpusă

$$G_{pt}^* = \begin{Vmatrix} \eta_{33} & \eta_{23} & \eta_{13} \\ \eta_{32} & \eta_{22} & \eta_{12} \\ \eta_{31} & \eta_{21} & \eta_{11} \end{Vmatrix}$$

Avînd în vedere relațiile de egalitate existente între variabilele independente η_{ij} și definite în cadrul proprietății 1.1., rezultă $G_{pt}^* = G_K$, fapt valabil pentru toate codurile celor 12 grupe de conexiuni.

Proprietatea enunțată anterior reflectă fenomenul specific transformatoarelor electrice trifazate, unde, păstrînd neschimbată poziția cablului de alimentare a transformatoarelor, dar schimbînd poziția transformatorului, prin rotirea acestuia în jurul axei verticale cu 180° (sensul rotirii nu contează), indicele orar al grupei de conexiuni a transformatorului nu se schimbă (fig. 3).

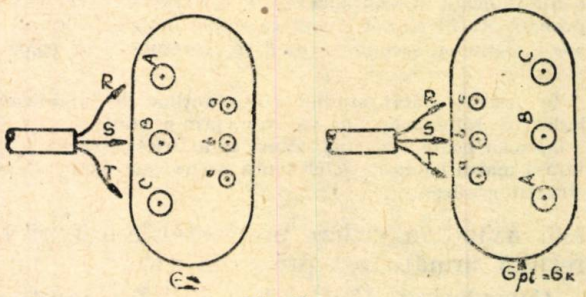


Fig. 3

1.10. Considerînd că variabilele independente de forma η_{ij} aferente codurilor celor 12 grupe de conexiuni formează determinanți de ordinul al treilea de forma:

$$\Delta_K = \begin{Vmatrix} \eta_{11} & \eta_{12} & \eta_{13} \\ \eta_{21} & \eta_{22} & \eta_{23} \\ \eta_{31} & \eta_{32} & \eta_{33} \end{Vmatrix}$$

atunci între determinanții obținuți se stabilesc următoarele relații matematice:

$$\Delta_1 = \Delta_3 = \Delta_5 = \Delta_7 = \Delta_9 = \Delta_{11} = 9$$
$$\Delta_2 = \Delta_6 = \Delta_{10} = 5$$
$$\Delta_4 = \Delta_8 = \Delta_{12} = 4$$

1.11. Grupelor de conexiuni li se poate da și o reprezentare vectorială, fiecărei grupe de conexiuni asociindu-i-se un vector $\vec{g}_K$ a cărui origine coincide cu originea unui sistem de coordonate ortogonale și unde variabilele dependente X_K, Y_K, Z_K sînt valori scalare ce reprezintă proiecțiile vectorului $\vec{g}_K$ pe axele de coordonate. Luînd în considerare vectorii $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$, aferenți axelor de coordonate, expresia vectorială a grupei de conexiuni devine

$$\vec{g}_K = X_K \cdot \vec{i} + Y_K \cdot \vec{j} + Z_K \cdot \vec{k}$$

Ținîndu-se seama de faptul că

$$X_K = |\vec{g}_K| \cdot \cos(\widehat{\vec{g}_K : X})$$
$$Y_K = |\vec{g}_K| \cdot \cos(\widehat{\vec{g}_K : Y_K})$$
$$Z_K = |\vec{g}_K| \cdot \cos(\widehat{\vec{g}_K ; Z})$$

rezultă o nouă expresie vectorială pentru grupa de conexiuni

$$\vec{g}_K = |\vec{g}_K| \cdot [\cos(\widehat{\vec{g}_K ; X}) \cdot \vec{i} + \cos(\widehat{\vec{g}_K ; Y}) \cdot \vec{j} + \cos(\widehat{\vec{g}_K ; Z}) \cdot \vec{K}]$$

1.11.1. Considerînd modulele vectorilor $\vec{g}_1 ; \vec{g}_2 \cdots \vec{g}_{12}$ aferente celor 12 grupe de conexiuni, rezultă următoarele proprietăţi ale modulelor:

$$|\vec{g}_1| = |\vec{g}_3| = |\vec{g}_5| = |\vec{g}_7| = |\vec{g}_9| = |\vec{g}_{11}| = \delta_1$$

$$|\vec{g}_2| = |\vec{g}_6| = |\vec{g}_{10}| = \delta_2$$

$$|\vec{g}_4| = |\vec{g}_8| = |\vec{g}_{12}| = \delta_3$$

unde $\delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3$

1.11.2. Între unghiurile vectorilor aferente celor 12 grupe de conexiuni există următoarele relaţii:

$$(\widehat{\vec{g}_1 ; \vec{g}_3}) = (\widehat{\vec{g}_3 ; \vec{g}_5}) = (\widehat{\vec{g}_5 ; \vec{g}_7}) = (\widehat{\vec{g}_7 ; \vec{g}_9}) =$$

$$= (\widehat{\vec{g}_9 ; \vec{g}_{11}}) = (\widehat{\vec{g}_{11} ; \vec{g}_1}) = \alpha_1$$

$$(\widehat{\vec{g}_2 ; \vec{g}_6}) = (\widehat{\vec{g}_6 ; \vec{g}_{10}}) = (\widehat{\vec{g}_{10} ; \vec{g}_2}) = \alpha_2$$

$$(\widehat{\vec{g}_4 ; \vec{g}_8}) = (\widehat{\vec{g}_8 ; \vec{g}_{12}}) = (\widehat{\vec{g}_{12} ; \vec{g}_4}) = \alpha_3$$

unde $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$

Ultimele trei proprietăţi reflectă situaţia întîlnită la transformatoarele trifazate, unde, avînd în vedere numai posibilităţile de schimbare a grupei de conexiuni prin bornele accesibile pe capacul transformatorului, pot fi transformate una în alta numai grupele împărţite în următoarele serii:

Seria I	grupele 4; 8; 12
Seria II	grupele 2; 6; 10
Seria III	toate grupele impare

Algoritm pentru determinarea codurilor celor 12 grupe de conexiuni

În urma examinării ansamblului de proprietăţi aferente codurilor grupelor de conexiuni a rezultat un ansamblu de reguli care, aplicate într-o anumită succesiune, permit determinarea tuturor grupelor de conexiuni.

Se prezintă în continuare succesiunea etapelor necesare determinării codurilor grupelor de conexiuni:

1) $X_1 = 210$

2) $X_2 = X_1 + 2$

3) Cu ajutorul variabilelor X_1 şi X_2, considerate în sistemul de numeraţie în baza 10, se determină matricea completă a codurilor pentru grupele 1 şi 2, aplicînd fie metoda lui Sarrus, prezentată la pct. 1., fie metoda permutărilor circulare, prin care elementele unei linii se află din linia precedentă, prin permutarea circulară a elementelor acesteia.

4) Prin aplicarea proprietăţii negaţiei codurilor se determină din codul grupelor 1 şi 2 codurile grupelor 7 şi 8, aplicînd relaţia:

$$\bar{G}_K = G_{K+6}$$

5) Prin aplicarea metodei permutărilor circulare asupra variabilelor dependente aferente grupelor 1, 2, 7, 8 se determină grupele 5, 6, 11, 12 apoi din acestea în mod similar grupele 9, 10, 3, 4.

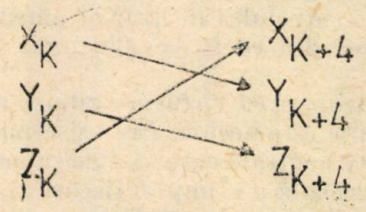
În scopul arătat se utilizează fie relaţiile matematice

$$X_K = Y_{K+4}$$

$$Y_K = Z_{K+4}$$

$$Z_K = X_{K+4}$$

fie diagrama permutării circulare directe:



Concluzii

— Cunoaşterea grupei de conexiuni a transformatoarelor electrice este foarte importantă pentru siguranţa în funcţionare a unui grup de două sau mai multe transformatoare cuplate în paralel.

— Înlocuirea codului analogic pentru determinarea grupei de conexiuni printr-un cod numeric permite efectuarea rapidă, precisă şi sigură a grupei de conexiuni, în condiţii de exploatare, eliminîndu-se astfel pericolul unor avarii, ca urmare a cuplării în paralel a două transformatoare cu grupe diferite.

— Avîndu-se în vedere proprietăţile codurilor numerice ale grupelor de conexiuni, este posibil ca fenomenele legate de schimbarea grupelor de conexiuni la transformatoare să fie studiate direct pe coduri, fără a se mai efectua determinări pe transformator.

— Codurile numerice ale grupelor de conexiuni determinate prin metoda curentului continuu reflectă perfect proprietăţile grupelor de conexiuni ale transformatoarelor electrice trifazate, bornelor primare ale transformatoarelor corespunzîndu-le liniile matricei codului, iar bornelor secundare, coloanele aceleiaşi matrice.

Bibliografie

[1] Popovici, A. ș.a.. *Îndrumar de laborator.* I.P. Iași, 1974.
[2] Cristea, D. ș.a. *Încercarea transformatoarelor. Vol. II.* Editura tehnică, București, 1967.
[3] Drăgan, Ș. *Exploatarea și întreținerea transformatoarelor de măsură.* Editura tehnică, București, 1969.
[4] Boțan, N. V. *Comanda sistemelor de acționare electrică.* Editura tehnică, București, 1977.
[5] Poeată, N. *Calculatoare automate și programate.* Editura didactică și pedagogică, București, 1967.
[6] Bulgakov, N. I. *Grupele de conexiuni ale transformatoarelor.* Editura tehnică, 1957.
[7] Cernomazu, D. și Michiu, Gh. *Considerații privind verificarea grupei de conexiuni aferentă transformatoarelor electrice trifazate, prin metoda curentului continuu.* În: Energetica, nr. 9/1981.

(Articol intrat în redacție la 26 noiembrie 1981)

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

Determinarea preliminară a principalilor parametri hidroenergetici ai centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj

Ing. D. Spiridon*

Considerații generale

Dezvoltarea industrială accelerată în vederea ridicării nivelului de trai al omenirii necesită folosirea din ce în ce mai mult a energiei electrice.

Pentru acoperirea vîrfurilor zilnice ale curbelor de sarcină este necesar ca în sistemul energetic să existe centrale care să funcționeze numai o scurtă perioadă de timp în fiecare zi. În vederea acestui lucru, în cadrul sistemului electroenergetic se instalează atît centrale cu specific de vîrf, cît și instalații capabile să acumuleze energia disponibilă în afara orelor de vîrf de sarcină, restituind-o atunci cînd este necesară. Din această a doua categorie fac parte centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj (CHEAP). Aceste centrale prezintă marele avantaj că, pe lîngă funcția principală, de a participa la acoperirea vîrfurilor de sarcină, contribuie și la ridicarea sarcinii minime de noapte (asigurarea minimului tehnic), uniformizînd prin aceasta regimul de exploatare a centralelor termoelectrice, îmbunătățind astfel condițiile tehnice și economice de exploatare ale marilor centrale termoelectrice și în special ale celor nuclearoelectrice. În afară de aceasta, CHEAP contribuie și la reglajul automat frecvență-putere, centrală de intervenție etc.

În anul 1970 se aflau în funcțiune în lume CHEAP cu o putere de circa 17000 MW, din care 8000 MW în Europa, 6000 MW în S.U.A. și 2600 MW în Japonia [1], [3]. Un deceniu mai tîrziu se aflau în funcțiune mari CHEAP cu o putere de peste 36 000 MW, în construcție 20 000 MW și în faza de proiect sau studiu peste 43 000 MW [5].

Rolul acestor CHEAP și oportunitatea realizării în țara noastră a unor asemenea instalații sînt analizate în lucrarea [4].

Determinarea parametrilor hidroenergetici ai CHEAP ridică probleme speciale, specifice, deosebite de ale centralelor hidroelectrice gravitaționale. În ambele cazuri unul dintre parametrii de bază, căderea (H) este determinată de condițiile naturale ale amplasamentului, ceilalți parametri depinzînd de caracterul centralei.

Sub aspectul funcției principale a CHEAP, în vederea încadrării lor în curbele de sarcină, cu luarea în considerare a modului în care acestea pot fi acoperite, se examinează în continuare corelarea dintre parametrii de bază ai unei CHEAP: căderea, debitul, puterea, energia, volumul acumulat, caracterul compensării (zilnice sau săptămînale) și duratele de funcționare (turbinare și pompare). Deoarece nu sînt încă precizate coordonatele de încadrare a primelor CHEAP pe curbele de sarcină ale sistemului electroenergetic național, relațiile dintre parametrii centralelor se examinează sub diferite aspecte. Toate aceste probleme se analizează pentru CHEAP în circuit închis, numite și de pompaj pur, la care nu există un aport natural de debit, sensibil mai mare decît cel necesar pentru acoperirea pierderilor prin evaporare și neetanșeități etc.

CHEAP consumă energie în golul de noapte pentru pomparea unor volume de apă și stocarea lor într-o acumulare situată la un nivel superior, pentru ca în orele de vîrf aceste volume să fie turbinate gravitațional în centrală, producînd energie electrică.

Pentru studiile preliminare de schemă de amenajare, parametrii hidroenergetici ai unei CHEAP se determină pentru compensarea zilnică și săptămînală. CHEAP cu pompaj zilnic dispun de bazine a căror umplere se face în 5—9 ore, iar golirea (turbinarea) are loc în cel puțin 4—7 ore. CHEAP cu pompaj săptămînal dispun de bazine mai mari. Aceste amenajări vor putea folosi pentru pompaj și perioadele de sarcină scăzută din zilele nelucrătoare. În diverse situații de încadrare pe curbele de sarcină se arată influența asupra mărimii lacuri-

*) Ing. Dumitru Spiridon este inginer proiectant principal la I.S.P.H. București.

lor de acumulare cu diferite grade de compensare.

Se menționează că volumele utile luate în considerare în prezentul articol sînt teoretice, deoarece nu se ține seama de unele sporuri care ar trebui adăugate, pentru eventualele pierderi prin infiltrații și evaporări sau pentru a satisface și celelalte funcții ale CHEAP ca : reglaj automat frecvență-putere, intervenție la avarii etc.

1. Determinarea parametrilor hidroenergetici ai CHEAP cu compensare zilnică

1.1. *Parametrii hidroenergetici funcție de volumul util*

În acest caz, pentru determinarea parametrilor funcție de volumul util se preconizează umplerea lacului superior în timpul nopții și golirea lui în timpul zilei.

Debitele se determină în funcție de volumul util, de durata preconizată pentru turbinare și cea pentru pompaj :

$$Q_T = \frac{V_{uz}}{t_T \times 3600} \tag{1}$$

$$Q_P = \frac{V_{uz}}{t'_p \times 3600} \tag{2}$$

unde :

Q_T este debitul turbinat, m^3/s;
Q_P — debitul pompat, m^3/s ;
V_{uz} — volumul util al acumulării cu compensare zilnică, m^3 ;
t_T — durata de turbinare, ore/zi ;
t'_p — durata de pompare în golul de noapte a zilei lucrătoare, ore.

Dacă volumul util al acumulării se exprimă în milioane m^3, atunci formulele pentru calculul debitelor devin :

$$\mathring{Q}_T = \frac{278\ V_{uz}}{t_T} \tag{3}$$

și

$$Q_P = \frac{278\ V_{uz}}{t'_p} \tag{4}$$

Numărul de ore luate în calcul pentru regimul de turbinare și pompare, în conformitate cu caracteristicile specifice de încadrare a CHEAP pe curbele de sarcină pronosticate pentru etapa 1990, sînt respectiv $t_T = 4-7$ ore/zi și $t'_p = 5-9$ ore pe zi.

Puterea CHEAP în regim de turbinare se determină pe baza relației :

$$P_T = 9{,}81 \times \eta_{it} \times \eta_G \times \eta_{iht} \times Q_T \times H \tag{5}$$

unde :

P_T este puterea instalată în turbine, kW ;
η_{it} — randamentul turbinei ;
η_G — randamentul generatorului ;
η_{iht} — randamentul hidraulic al derivației la turbinare ;
H — căderea medie brută, m ;
Q_T — debitul turbinat, m^3/s.

Puterea în regim de pompare este :

$$P_P = \frac{9{,}81 \times Q_P \times H}{\eta_P \times \eta_M \times \eta_{ihP}} \tag{6}$$

unde :

P_P este puterea instalată în pompe, kW ;
η_M — randamentul motorului ;
η_{ihP} — randamentul hidraulic al derivației la pompare ;
H — căderea medie brută, m ;
Q_P — debitul pompat, m^3/s.

Randamentele în funcție de cădere estimate preliminar sînt prezentate în tabelul 1.

Energia produsă este :

$$E_T = 300 \times t_T \times P_T \tag{7}$$

În cazul în care $t_T = 5$ ore/zi, avem $E_T = 1500\ P_T$.

Energia consumată pentru pompaj este :

$$E_P = \frac{E_T}{\eta_{global\ efectiv}} \tag{8}$$

unde :

$$\eta_{global} = \eta_{it} \times \eta_G \times \eta_{iht} \times \eta_P \times \eta_M \times \eta_{ihP}, \tag{9}$$

iar $\eta_{global\ efectiv}$, la bornele generatorului este mai redus cu 5—10%, datorită variațiilor de cădere (respectiv ale înălțimii de refulare) și de putere, pierderilor la pornire și la oprire, pierderilor prin evaporare etc. ;

$$\eta_{global\ efectiv} = (0{,}95 \div 0{,}90)\eta_{global} \tag{9'}$$

1.2. *Parametrii hidroenergetici funcție de puterea instalată*

Debitul turbinat este dat de relația :

$$Q_T = \frac{P_T}{9{,}81 \times \eta_{it}\ \eta_G\ \eta_{iht} \times H} \tag{10}$$

În acest caz volumul util necesar pentru CHEAP este :

$$V_{uz} = Q_T \times t_T \times 3600 \tag{11}$$

Dacă în relația (11) se introduce valoarea lui Q_T din (10) și se consideră V_{uz} exprimat în milioane m^3 iar P_T în MW se obține :

$$V_{uz} \cong 0{,}425\ \frac{P_T t_T}{H} \tag{12}$$

Mai departe ceilalți parametri se determină ca la 1.1.

În figura 1 se prezintă diagramele funcției (12) pentru puteri instalate de 200, 500, 1000 și 1500 MW și diverse durate de turbinare

Tabelul 1

Randamentul, %	Căderea medie Hm, m										
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Turbină η_T	91,8	91,8	91,7	91,7	91,6	91,5	91,3	91,2	9,1	90,9	90,8
Pompă η_P	90	90	90	90	90	89,7	89,5	89,3	89,0	88,5	88,4
Generator-motor η_G ; η_M	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Hidraulic la turbinare η_{ht}	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Hidraulic la pompare η_{hp}	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
$\eta_T \times \eta_G$	90	90	90	90	90	90	90	89	89	89	89
$\eta_P \times \eta_M$	87	87	87	87	87	87	86,8	86,6	86,5	86,8	86
$\eta_T \times \eta_G \times \eta_{ht}$	87	87	87	87	87	87	87	86	86	86	86
$\eta_P \times \eta_M \times \eta_{hp}$	85	85	85	85	85	85	85	85	85	84	84
Ciclul total teoretic	74	74	74	74	74	74	74	73	73	72	72
Randamentul total efectiv al ciclului	70	70	70	70	70	70	70	69	69	68	68

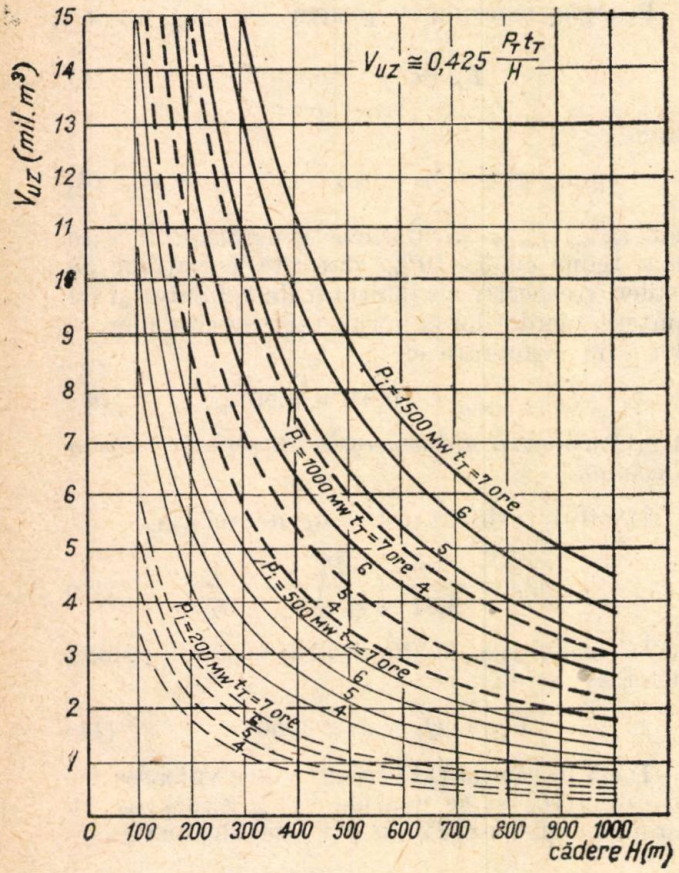


Fig. 1. Diagramele $V_{uz} = f(P_{iT}, t_T$ și $H)$.

la vîrful curbelor de sarcină ($t_T = 4$, 5, 6 și 7 ore/zi). Din aceste diagrame se pot obține preliminar volumele utile de compensare zilnică V_{uz} pentru diferite puteri și durate de turbinare t_T.

2. Determinarea parametrilor hidroenergetici ai CHEAP cu compensare săptămînală

Elementele de bază care definesc încadrarea CHEAP pe curbele de sarcină și dimensionează parametrii hidroenergetici sînt : duratele de pompare în zilele nelucrătoare (t_p — ore/zi) și lucrătoare (t'_p — ore/zi) și durata de turbinare (t_T — ore/zi).

Din studiile de încadrare a centralelor electrice pe curbele de sarcină de la nivelul anului 1990 rezultă posibilitatea utilizării unei CHEAP cu un ciclu de pompare săptămînal cu o durată de minimum circa 14 ore/săptămînă în lunile aprilie și octombrie, în situația unei singure zile nelucrătoare pe săptămînă. În cazul a două zile nelucrătoare pe săptămînă aceste durate s-ar dubla.

Datorită tendinței de aplatizare a curbelor de sarcină, energia disponibilă în fiecare zi se va reduce și va trebui acordată o atenție deosebită folosirii pentru pompaj a perioadelor de consum redus al sistemului energetic din zilele nelucrătoare, acestea constituind acumulări capabile să asigure o regularizare săptămînală [1]. Din acest motiv în studiile preliminare de schemă ale diverselor amplasamente de CHEAP se analizează, pe lîngă compensarea zilnică, și compensarea săptămînală.

La compensarea săptămînală se au în vedere două ipoteze de calcul : cu o zi sau două zile nelucrătoare pe săptămînă.

2.1. *Determinarea relației care exprimă raportul dintre volumul util al CHEAP cu compensare săptămînală și zilnică*

În cazul compensării săptămînale se consideră că umplerea lacului se face în zilele nelucră-

toare (r) timp de t_p (ore/zi) și în timpul nopții următoare timp de t'_p (ore/zi), deci în total ($rt_p + t'_p$) ore.

Astfel rezultă că debitul instalat în pompe (m^3/s) este:

$$Q_p = \frac{V_{us.r}}{3600\,(rt_p + t'_p)} = \frac{0{,}278\ V_{us.r}}{10^3(rt_p + t'_p)}, \quad (13)$$

unde $V_{us.r}$ este volumul util pentru compensare săptămînală (m^3), varianta cu r zile nelucrătoare.

Pentru volumul util exprimat în milioane m^3, această relație devine:

$$Q_p = \frac{278\ V_{us.r}}{rt_p + t'_p} \quad (14)$$

Pentru funcționarea în regim de turbinare (t_T ore/zi), se iau în considerare $1/r'$ din volumul util ($V_{us.r}$) obținut prin pompare în rt_p ore în zilele nelucrătoare, precum și volumul de apă pompat în fiecare zi lucrătoare timp de t'_p ore.

În această ipoteză, volumul util cu compensare săptămînală cu r zile nelucrătoare este format din:

— $\frac{rt_p}{rt_p + t'_p}$ procente (%) din volumul acumulat în cele r zile nelucrătoare și

— $\frac{t'_p}{rt_p + t'_p}$ procente (%) din volumul acumulat în golul de noapte al primei zile lucrătoare.

În fiecare zi se turbinează următoarele volume:

— $\frac{1}{r'}$ din volumul acumulat în ziua nelucrătoare, adică:

$$V_1 = \frac{1}{r'} \frac{rt_p}{rt_p + t'_p} V_{us.r} \quad (15)$$

— volumul util acumulat în golul de noapte al primei zile lucrătoare:

$$V_2 = \frac{t'_p}{rt_p + t'_p} V_{us.r} \quad (16)$$

În acest caz volumul total uzinat în fiecare zi este:

$$V_1 + V_2 = \frac{rt_p + r't'_p}{r'(rt_p + t'_p)} V_{us.r} \quad (17)$$

În fiecare zi se turbinează circa $\frac{rt_p + r't'_p}{r'(rt_p + t'_p)}$ din volumul necesar pentru compensare săptămînală exprimat în m^3, varianta cu r zile nelucrătoare ($V_{us.r}$).

În cazul turbinării timp de t_T ore/zi, în ziua lucrătoare debitul turbinat este:

$$Q_T = \frac{rt_p + r't'_p}{r'(rt_p + t'_p)3600\ t_T} V_{us.r}, \quad (18)$$

iar:

$$Q_P = \frac{V_{us.r}}{3600\,(rt_p + t'_p)} \quad (19)$$

Ținînd seama de (18) și (19)

$$\frac{Q_T}{Q_P} = \frac{rt_p + r't'_p}{r't_T} \quad (20)$$

Dacă se notează cu V_{uz} volumul necesar pentru compensarea zilnică și cu $V_{us.r}$ volumul pentru CHEAP cu acumulare avînd compensare săptămînală cu r zile nelucrătoare și dacă în cele două cazuri debitele turbinate sînt egale, relația dintre cele două volume este:

$$\frac{V_{uz}}{3600\ t_T} = \frac{rt_p + r't'_p}{3600\ t_T r'(rt_p + t'_p)} V_{us.r}, \quad (21)$$

de unde:

$$\frac{V_{us.r}}{V_{uz}} = \frac{r'(rt_p + t'_p)}{rt_p + r't'_p} \quad (22)$$

2.2. *Acumularea cu compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare*

În acest caz ($r = 1$ și $r' = 6$), formulele (17), (20) și (22) devin:

$$V_1 + V_2 = \frac{t_p + 6t'_p}{6(t_p + t'_p)} V_{us.1} \quad (23)$$

$$\frac{Q_T}{Q_P} = \frac{t_p + 6t'_p}{6t_T} \quad (24)$$

și

$$\frac{V_{us.1}}{V_{uz}} = \frac{6(t_p + t'_p)}{t_p + 6t'_p} \quad (25)$$

Pentru $t_p = 12{,}5$ ore; $t'_p = 7{,}5$ ore și $t_T = 5$ ore:

$$V_1 + V_2 = 0{,}48\ V_{us.1};$$

$$Q_T/Q_P = 1{,}92$$

și

$$V_{us.1}/V_{uz} = 2{,}09,$$

iar pentru $t_T = 6$ ore:

$$Q_T/Q_P = 1{,}6$$

În figura 2 se prezintă variația raportului $\frac{V_{us.1}}{V_{uz}}$ funcție de t'_p și t_p. Se vede că pentru aceleași valori ale lui t_p raportul crește de la 1,8—2,6, pentru $t_p = 8$ ore, la 2,3—3,5, pentru $t_p = 18$ ore.

Energia produsă prin turbinare (kWh/an), la bornele generatorului centralei este:

$$E_T = \frac{6}{7} \times 300 \times t_T \times P_T = 257\ t_T\ P_T, \quad (26)$$

adică pentru $t_T = 5$ ore și 6 ore/zi avem respectiv $E_T = 1285\ P_T$ și $1540\ P_T$, puterea fiind exprimată în kW.

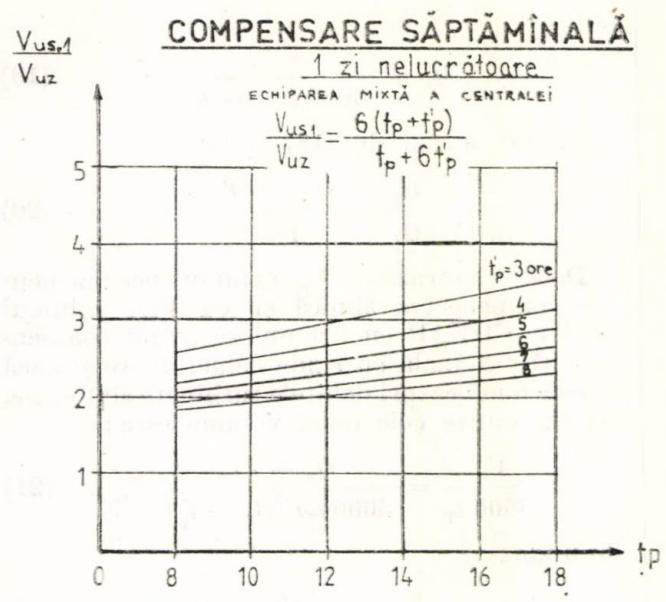


Fig. 2. Diagramele $V_{us.1}/V_{uz} = f(t_p, t_p')$.

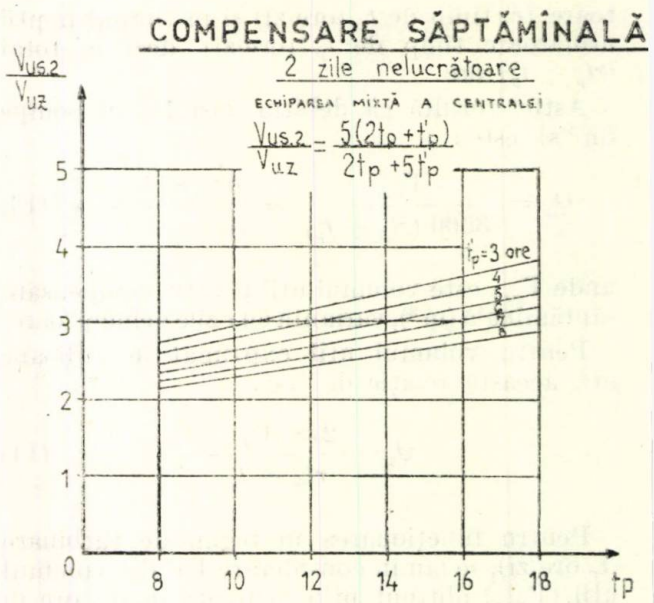


Fig. 3. Diagramele $V_{us.2}/V_{uz} = f(t_p, t_p')$.

Energia consumată pentru pompaj este:

$$E_P = \frac{E_T}{\eta_{global\ efectiv}} \tag{27}$$

Numitorul este determinat cu ajutorul relației (9').

2.3. *Acumularea cu compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare*

În acest caz ($r = 2$ și $r' = 5$), formulele (17), (20) și (22) devin:

$$V_1 + V_2 = \frac{2t_p + 5t'_p}{5(2t_p + t'_p)} V_{us.2} \tag{28}$$

$$\frac{Q_T}{Q_P} = \frac{2t_p + 5t'_p}{5t_T} \tag{29}$$

și

$$\frac{V_{us.2}}{V_{uz}} = \frac{5(2t_p + t'_p)}{2t_p + 5t'_p} \tag{30}$$

Pentru $t_p = 12{,}5$ ore, $t'_p = 7{,}5$ ore și $t_T = 5$ ore:

$V_1 + V_2 = 0{,}385\ V_{us.2}$; $Q_T/Q_P = 2{,}5$ și $V_{us.2}/V_{uz} = 2{,}6$ iar pentru $t_T = 6$ ore, $Q_T/Q_P = 2{,}08$.

În figura 3 se prezintă variația raportului $V_{us.2}/V_{uz}$ funcție de t'_p și t_p. Din aceste diagrame se vede că pentru aceleași valori ale lui t_p raportul crește de la 2,1—2,8, pentru $t_p = 8$ ore, la 2,9—3,8, pentru $t_p = 18$ ore.

În cazul compensării săptămînale cu două zile nelucrătoare, pentru aceeași valoare a lui t_p ($t_p = 8$ ore/zi) raportul $V_{us.2}/V_{uz}$ este mai mare decît $V_{us.1}/V_{uz}$ cu circa 15—5%, pentru $t'_p = 8$, respectiv $t'_p = 3$ ore/zi. Pentru $t_p = 18$ ore pe zi, raportul $V_{us.2}/V_{uz}$ este mai mare cu circa 25—8% pentru $t'_p = 8$, respectiv $t'_p = 3$ ore/zi.

Cu ajutorul formulelor (25) și respectiv (30) se poate afla raportul $V_{us.2}/V_{us.1}$. Pentru valori ale lui t_p cuprinse între 8 și 18 ore/zi și pentru $t'_p = 3$—8 ore/zi se obțin valorile raportului $V_{us.2}/V_{us.1}$ cuprinse în tabelul 2.

Tabelul 2

t'_p \ t_p	8	10	12	14	16	18
3	1,20	1,18	1,15	1,13	1,12	1,10
4	1,24	1,22	1,20	1,18	1,15	1,13
5	1,24	1,23	1,21	1,20	1,19	1,17
6	1,25	1,25	1,25	1,25	1,20	1,20
7	1,25	1,25	1,25	1,25	1,22	1,22
8	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,23

Din aceste date rezultă că volumul util al acumulării cu compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare este mai mare cu circa 10—25% decît în cazul compensării săptămînale cu o zi nelucrătoare.

Energia produsă prin turbinare (kWh/an), la bornele generatorului centralei, pentru durata zilnică de turbinare de t_T, este:

$$E_T = \frac{5}{7} \times 300 \times t_T \times P_T = 214{,}3\ t_T P_T, \tag{31}$$

adică pentru $t_T = 5$ sau 6 ore/zi:

$$E_T = 1070\ P_T \text{ și } 1285\ P_T$$

puterea fiind exprimată în kW.

Energia consumată pentru pompaj este:

$$E_p = \frac{E_T}{\eta_{global\ efectiv}} \qquad (32)$$

3. Determinarea celorlalți parametri hidroenergetici

Funcție de puterile care se iau în considerare și de căderile existente între centrul de greutate al lacului superior și cel al acumulării inferioare se determină volumele utile pentru gradul de regularizare zilnică și săptămînală cu durata de turbinare t_T (ore/zi).

Ținînd seama de aceasta se determină nivelurile caracteristice ale celor două rezervoare (nivelul retenției normale — NRN, nivelul centrului de greutate al acumulării — NCG, nivelul minim de exploatare N_{me}) și cu ajutorul acestora căderea medie brută H dată de diferența cotelor centrelor de greutate, căderea maximă (NRN rezervor superior — N_{me} rezervor inferior), căderea minimă (N_{me} rezervor superior — NRN rezervor aval)) și căderea între N_{me} rezervor superior și N_{me} inferior.

În funcție de căderea medie și de puterea grupurilor, cu ajutorul diagramelor se determină randamentele turbinelor, generatoarelor, pompelor și motoarelor. De asemenea, se determină randamentul hidraulic al derivațiilor la turbinare și pompare. Pentru fiecare variantă se calculează randamentul global. Randamentul global efectiv al ciclului se deduce din cel global, prin reducerea acestuia cu 5—10%, datorită variațiilor de cădere (respectiv înălțimea de refulare), de putere, a pierderilor de debite la pornire și oprire, a evaporărilor etc.

Se determină puterile instalate în turbine și în pompe, după care, pentru fiecare variantă de schemă a CHEAP se prezintă preliminar date cu privire la grupurile cu care se preconizează a se echipa centralele.

Concluzii

1. Volumul util teoretic al acumulării al unei CHEAP cu compensare zilnică este funcție de debitul de turbinare (Q_T) și de durata de turbinare din cursul unei zile (t_T), corespunzătoare cerințelor de încadrare pe curbele de sarcină ale sistemului electroenergetic național.

2. Volumul util al acumulării cu compensare săptămînală raportat la volumul util cu compensare zilnică este funcție de duratele de pompare (în ziua nelucrătoare t_p și în ziua lucrătoare t'_p).

În cazul compensării săptămînale cu o zi nelucrătoare, valoarea raportului $V_{us.1}/V_{uz}$, pentru aceeași valoare a lui t_p, crește de la 1,85 la 2,60 (40%), pentru $t_p = 8$ ore/zi, și de la 2,3 la 3,6 (55%), pentru $t_p = 18$ ore/zi, pentru $t'_p = 8$ și, respectiv, $t'_p = 3$ ore/zi. Pentru aceeași valoare a lui t'_p, valoarea raportului $V_{us.1}/V_{uz}$ crește de la 1,85 la 2,3 (25%) și de la 2,6 la 3,6 (40%), pentru $t'_p = 8$ ore și $t'_p = 3$ ore și pentru $t_p = 8$, respectiv, 18 ore/zi.

3. Volumul util al acumulării cu compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare este mai mare cu circa 10—25% decît în cazul compensării săptămînale cu o zi nelucrătoare.

4. CHEAP cu acumulare cu compensare săptămînală, solicitate de sistemul energetic național a fi realizate în prima etapă în țara noastră, necesită volume de acumulare relativ mult mai mari decît în cazul celor cu regularizare zilnică. În etapele în care nevoile SEN vor impune trecerea la CHEAP cu compensare zilnică, puterea CHEAP existente cu compensare săptămînală va putea fi mărită prin echiparea centralei cu grupuri suplimentare, constituind soluția cea mai economică de realizare a unor asemenea centrale.

Bibliografie

[1] * * * *Perspectives á long terme de l'industrie de l'énergie électrique en Europa, 1970—1985.* Material întocmit de Comisia economică pentru Europa la Geneva, 1974.

[2] Pavel, D. *Centrale și agregate cu acumulare prin pompare.* Comunicare la Prima conferință națională a energeticienilor, 17—18 octombrie 1974, București.

[3] * * * *Toshiba pump storage power plant.* Ediție specială pentru simpozionul de la Tîrgul de la Leipzig, martie 1976.

[4] Spiridon, D., Mișu, N., Gherghina, Al. și Pop, E. *Tipuri de amenajări de centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj și posibilități de realizare din R. S. România.* Comunicare la sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Contribuții ISPE—ISPH la revoluția tehnico-științifică în energetică în R. S. România", 1979.

[5] * * * *The world's pumped storage plants.* În: Water Power and Dam Construction, nr. 1, 1981, p. 68—69.

(Articol intrat în redacție la 23 martie 1982)

Noutăți tehnico-științifice*)

Arzător de aprindere alimentat cu praf de cărbune

(K. D. Rennert, BWK nr. 3, 1982)**)

În termocentralele pe cărbune din R.F.G. se folosesc anual pentru aprinderea și susținerea flăcării $2—3 \cdot 10^6$ t hidrocarburi. În situația actuală se urmărește economisirea în măsură tot mai mare a hidrocarburilor. Firma Steinmüller a experimentat un procedeu de aprindere cu praf de cărbune, care îndeplinește, în condiții de siguranță, cerințele unei instalații de aprindere: pornirea cazanului, aprinderea arzătoarelor principale și susținerea arzătoarelor principale la funcționarea la sarcină parțială.

În figura 1 se prezintă arzătorul experimentat. Pentru inițierea arderii este amplasat central un arzător electric cu gaz în două trepte. Debitul de gaz al celei de-a doua trepte și, prin aceasta, sarcina arzătorului de inițiere sînt reglabile. Amestecul de praf de cărbune și aer se insuflă concentric

*) Rubrică întocmită de ing. A. Roșu — ICEMENERG.

**) Traducerea completă a articolului se poate citi în „Energetica peste hotare", seria „Informații tehnico-științifice, vol. 4, 1982.

în jurul jetului de gaz. O parte a debitului de aer necesar arderii se dă printr-o altă secțiune concentrică, piesa elicoidal reglabilă, amplasată în partea conică, obligînd jetul de aer să se răsucească. Aerul suplimentar pentru arderea completă se introduce fie printr-un număr de duze distribuite pe circumferință, fie provine din zona învecinată, constituită

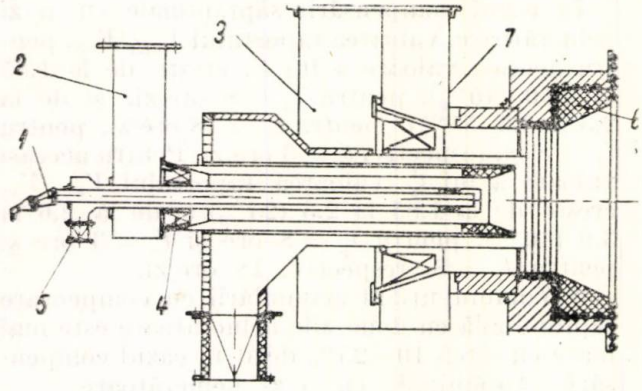


Fig. 1. Arzătorul de aprindere cu praf de cărbune montat în arzătorul principal :
1 — aprinzător electric cu gaz ; *2* — înveliș (manta) de aer ; *3* — aer suplimentar ; *4* — corp rotativ reglabil ; *5* — amestec primar ; *6* — muflă ceramică ; *7* — arzătorul principal.

din arzătorul principal de praf de cărbune, în interiorul căruia se poate amplasa arzătorul de aprindere cu praf de cărbune. Atît arzătorul de inițiere a aprinderii cu gaz, cît și arzătorul de aprindere cu praf de cărbune se urmăresc cu ajutorul supraveghetorului de flacără.

Praful de cărbune folosit pentru aprindere trebuie să aibă fie o granulație mai fină față de cea a arzătorului principal, fie o reactivitate mai mare.

Prima instalație-pilot era prevăzută cu arzător de aprindere cu praf de cărbune, cu o sarcină termică de circa 6 MW. Aprinzătorul electric cu gaz metan avea în prima treaptă un debit de 5 kg/h, respectiv 60 kW sarcină termică. Experiența s-a făcut cu cărbune sud-african.

Pentru punerea în funcțiune a arzătorului de aprindere cu praf de cărbune se pornește prima treaptă a aprinzătorului cu gaz. După ce supraveghetorul de flacără indică prezența acesteia se aprinde a doua treaptă a arzătorului de gaz de la flacăra-pilot. În același timp se pornește ventilatorul de aer și valoarea debitului de praf de cărbune crește de la 0 la sarcina nominală în circa 30 s. După 10—15 s se realizează un front de aprindere stabil în mufla arzătorului, astfel că după un anumit timp se poate deconecta cea de-a doua treaptă a aprinzătorului de gaz.

Este în curs de desfășurare experimentarea arzătorului de aprindere cu praf de cărbune la două cazane, la scară semiindustrială.

În figura 2 se prezintă schema circuitului unei prime instalații, care cuprinde trei zone : prepararea prafului de cărbune de aprindere, depozitarea lui în buncăr și inertizarea și alimentarea cu praf de cărbune. Praful de cărbune este extras de pe refularea morii, trece prin separatorul centrifugal, unde capătă finețea dorită. Granulele grosiere sînt returnate în conducta de amestec primar cu ajutorul unei instalații cu roți cu cupe. Combustibilul de aprindere se separă în filtrul cu saci și se depozitează în buncăr. Aerul purtător curățit se returnează cu ajutorul unui ventilator în canalul de aer primar existent. Cînd nu se extrage praf de cărbune pentru arzătorul de pornire, sistemul de preparare poate fi complet separat de alimentarea cu combustibil a arzătorului principal. Se inertizează continuu atît filtrul, cît și buncărul. Conținutul de O_2 în atmosfera din buncăr este menținut sub o valoare minimală, impusă printr-o admisie reglabilă a gazului inert. Arzătorul de aprindere a fost dispus între două arzătoare principale.

Combustibilul necesar pentru arzătorul de aprindere se extrage din buncăr printr-un distribuitor cu valțuri, se amestecă în ejector cu aerul purtător și este transportat la arzător. Distribuitorul are blocaj cu supraveghetorul de flacără.

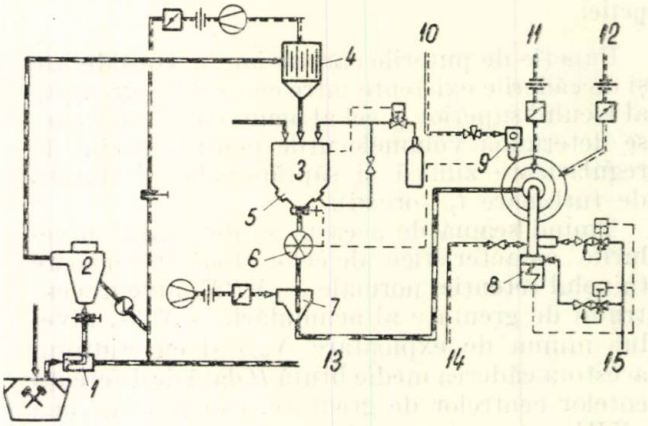


Fig. 2. Schema circuitului instalației de aprindere cu arzător cu praf de cărbune :
1 — extragerea prafului ; *2* — separator centrifugal ; *3* — buncăr de cărbune praf ; *4* — filtrul buncărului ; *5* — duze de fluidizare ; *6* — distribuitor cu roți cu cupe ; *7* — ejector ; *8* — aprinzător electric cu gaz ; *9* — supraveghetor de flacără ; *10* — aer de răcire ; *11* — înveliș de aer ; *12* — aer suplimentar ; *13* — arzător principal ; *14* — aer de aprindere ; *15* — gaz de aprindere.

La cea de-a doua instalație experimentală prezentată, arzătorul de aprindere a fost montat în conducta de aer din mijloc a arzătorului principal. Praful de cărbune se extrage printr-o sondă specială.

Alimentarea arzătoarelor de aprindere cu praf de cărbune se poate face printr-un sistem de conducte circular, cu comanda separată a arzătoarelor, sau printr-un sistem de distribuție forțată, cu comanda grupată a arzătoarelor.

Combustibilul de aprindere se poate pregăti prin extragerea din morile existente sau cu ajutorul unei instalații de măcinare centralizate.

În ciuda investițiilor mari, procedeul de pornire cu ajutorul arzătoarelor de aprindere alimentate cu praf de cărbune este totuși mai economic decît pornirea pe păcură.

În revista „VGB Kraftwerkstechnik", nr. 12 din 1981 a apărut la pag. 971 articolul*) lui U. Strauss de la STEAG—AG Essen „Progrese în domeniul arderii prafului de cărbune — Folosirea prafului de huilă pentru aprinderea și susținerea flăcării și pentru reîncălzirea gazelor de ardere după instalația de desulfurare a gazelor de ardere", care tratează aceeași problemă. Se prezintă experiențele industriale efectuate în termocentrala Lünen la un bloc de 150 MW, cu un arzător de aprindere cu praf de cărbune, în vederea înlocuirii folosirii păcurii în acest scop. Arzătorul experimental inițial a avut o sarcină termică de 7,5 MW și a fost montat între două arzătoare principale cu jet. În a doua etapă s-au montat șase arzătoare de aprindere cu praf de huilă, care să înlocuiască toate arzătoarele de aprindere cu păcură. Pentru realizarea unei siguranțe corespunzătoare în funcționare, sarcina termică a fiecărui arzător de aprindere cu praf de cărbune trebuie să fie de 10 MW. Următoarea etapă în dezvoltarea unei concepții cuprinzătoare pentru arzătoarele de aprindere și de susținere a flăcării cu praf de cărbune este înlocuirea instalației de aprindere cu păcură a blocului de 350 MW de la Lünen. Se prezintă modul de integrare a acestui tip de arzător în arzătoarele existente, cu modificările necesare. Se prezintă, de asemenea, modul general în care trebuie abordată, în funcție de soluția aleasă, problema înlocuirii păcurii sau a gazului natural cu praf de huilă special preparat la instalațiile de aprindere și stabilizare a arderii.

Annoucements for readers abroad

- The review „Energetica“ can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages
- The review „Energetica“ proposes a publications exchange with similar reviews and in relating fieds
- The review „Energetica“ provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well
- The review „Energetica“ publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

1983 MAR 0 3

NOU! ECONOMIC! EFICIENT!

POMPE DE CALDURA

POMPA DE CALDURA - MIJLOC EFICIENT DE VALORIFICARE A CALDURII DESEU

Cercetările efectuate de Secţia de energetică generală, industrială şi surse noi (SEGIS) din cadrul ICEMENERG-Bucureşti, în colaborare cu ICPIAF Cluj-Napoca, au stabilit că energia deşeu de potenţial termic scăzut (circa 30-40°C) existentă în :

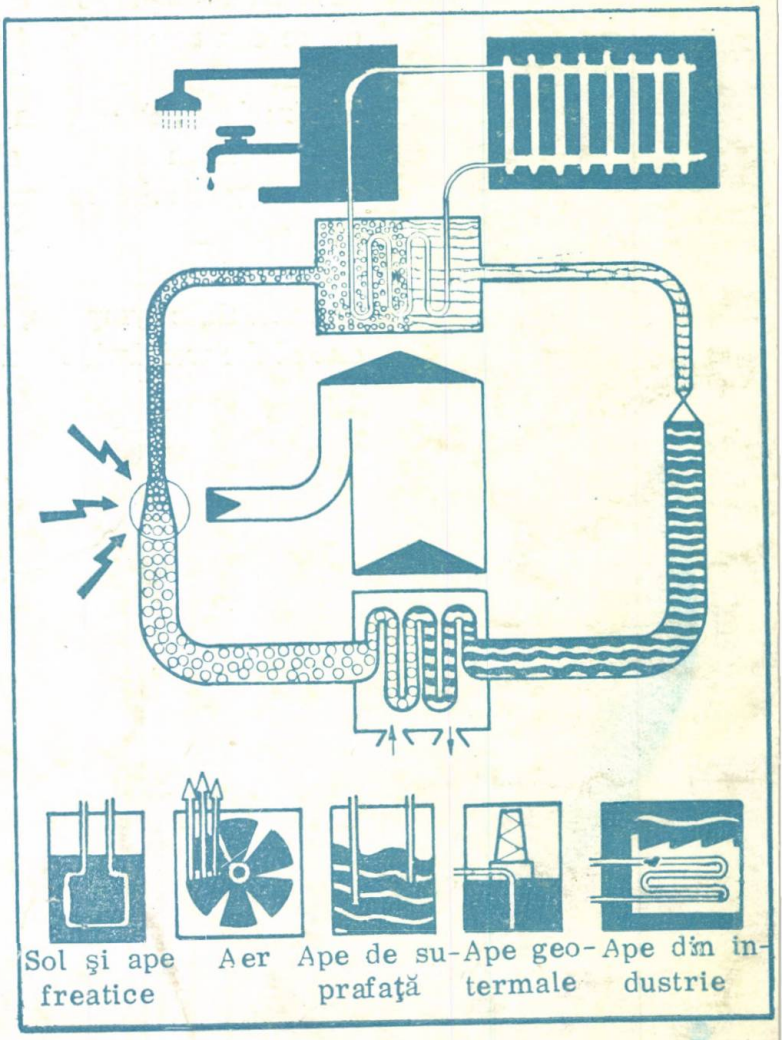
- apele industriale de răcire ;
- apele calde rezultate din procese tehnologice ;
- apele geotermale uzate ;
- aerul viciat evacuat din încăperi ;

care practic actualmente este evacuată în atmosferă, poate fi recuperată şi refolosită, în condiţii avantajoase, graţie pompelor de căldură.

Aceste cercetări se valorifică prin aplicarea pompelor de căldură din fabricaţia de serie a Intreprinderii TEHNOFRIG Cluj-Napoca, cu capacităţi unitare cuprinse între 31 500 kcal/h şi 630 000 kcal/h destinate, într-o primă etapă, preparării apei calde de 55°C şi, în continuare, într-o a doua etapă - în curs de desfăşurare - încălzirii clădirilor cu apă de 80°C.

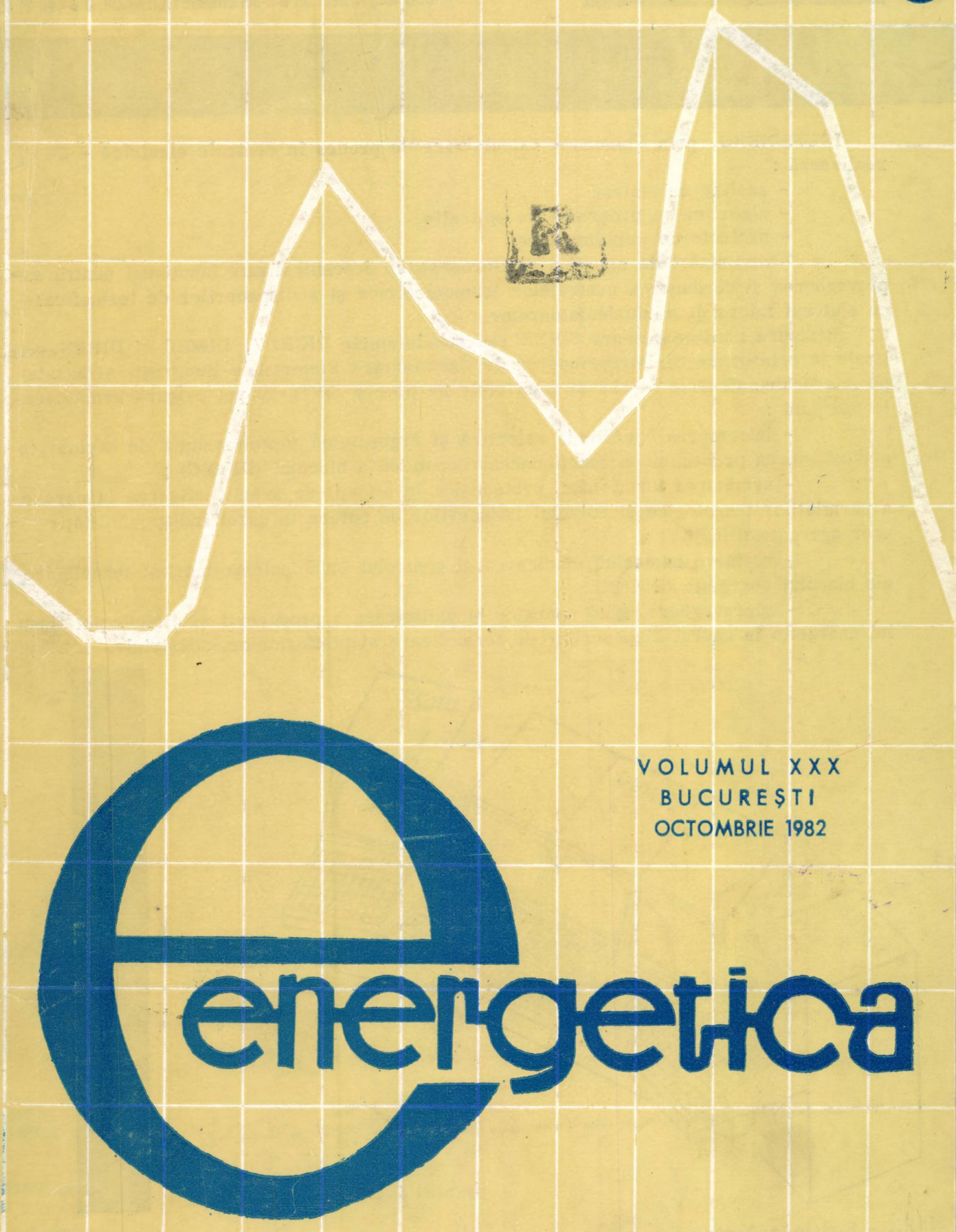
ICEMENERG-Bucureşti execută la cerere, studii şi cercetări pentru diferite situaţii de aplicare a pompelor de căldură, care pot trata următoarele :

- stabilirea soluţiilor şi schemelor funcţionale ;
- determinarea efectelor energetice şi economice realizabile în soluţia cu pompe de căldură ;
- alegerea echipamentelor necesare;
- indicarea regimurilor optime de funcţionare.



E 2059

REFERATELE



R

VOLUMUL XXX
BUCUREȘTI
OCTOMBRIE 1982

energetica

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂR
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

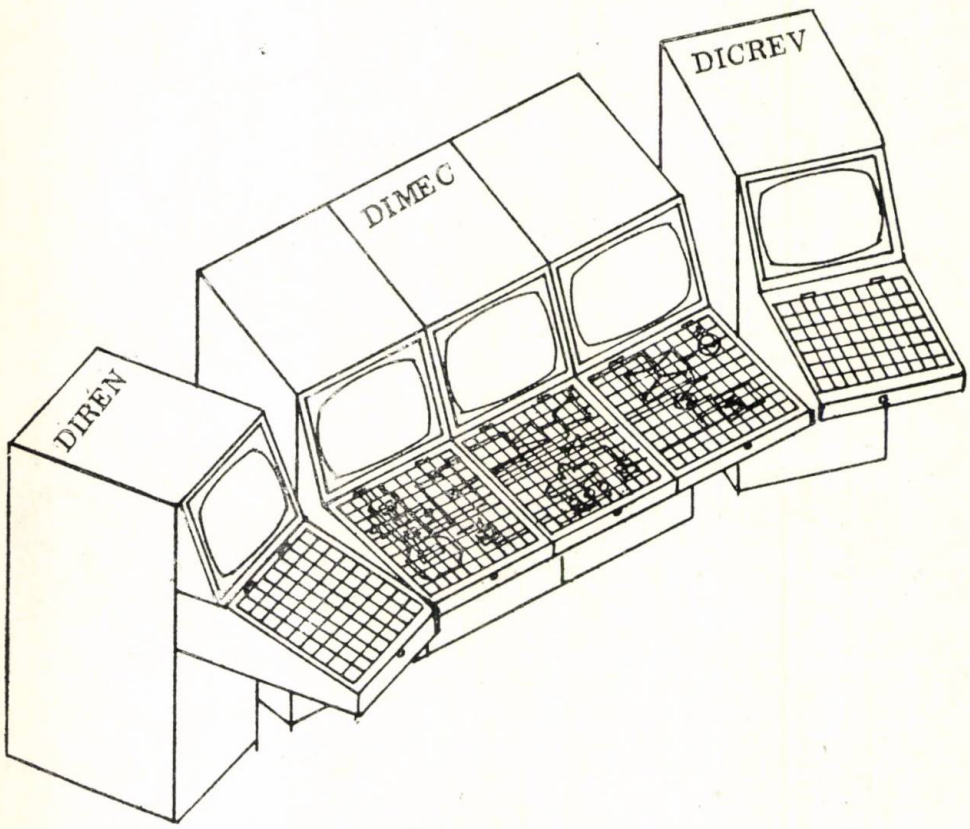
BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.3

ICEMENERG, prin Colectivul calculatoare de proces în centrale electrice - CCP, realizează :

- analize de sistem
- algoritmi şi programe de aplicaţie
- proiecte de implementare
- organizări de sisteme multiprocesoare descentralizate funcţional pentru supravegherea şi conducerea centralelor termoelectrice şi a dispecerilor de termoficare cu ajutorul micro şi minicalculatoarelor.

Structura multiprocesoare SINEX sau subsistemele DICREV, DIMEC şi DIREN, realizate în colaborare cu Intreprinderea de Calculatoare Electronice-Bucureşti şi bazate pe microcalculatoarele M-118 şi interfeţele de proces SPOT-80 pot asigura următoarele funcţiuni :

- informarea operativă, selectivă şi ergonomică a personalului de exploatare privind starea procesului şi funcţionarea economică a blocului (DIMEC) ;
- urmărirea funcţionării protecţiilor în situaţii de avarii, afişarea la cerere a permisiilor tehnologice şi calculul reducerilor de putere în cazul indisponibilităţii unor agregate (DICREV) ;
- reglarea numerică, indicarea şi controlul principalelor mărimi tehnologice ale blocului energetic (DIREN) ;
- supraveghere, ghid operator şi optimizare a producerii şi distribuţiei fluxu lui energetic în cadrul dispecerilor de termoficare ai platformelor industriale.



SINEX - Sistem numeric pentru conducerea blocurilor termoenergetice în regim de exploatare în sarcină

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **10** OCTOMBRIE 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (red. resp. (adj.)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **M. Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măcriş**
Ing. **I. Măiereanu** (red. resp. adj.)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dc. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia
Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon 20 67 30 21 46 30

Cuprinsul

Pag.

ARTICOLE

C. Haiduc

Cercetări privind stabilirea schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale 457—460

Fl. Alexe, S. Dumitrescu, E. Negrea, D. Iacob, C. Balogh, D. Dumitraşcu

Optimizarea utilizării combustibilului şi căldurii la întreprinderi de prelucrare primară a lemnului 461—467

A. Nabijovici

Cicluri energetice pentru utilizarea gazului de cărbune 468—473

C. Ungureanu, M. Nagi, I. Goleşteanu şi M. Ionescu

Cercetări experimentale privind pierderile de presiune la intrarea gazelor de ardere în coşul de fum 473—478

E. Potolea

Estimarea regimului optim al unui sistem electroenergetic (cu prezentare în limba engleză) 479—485

Al. Tănăsescu, H. Mărieş şi Marina Russ

Impedanţele cablurilor tip A2YSY — *12/20* kV însoţite cu un conductor de pământ 485—489

L. Stanisavlievici

Consideraţii privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur din centralele termice nucleare 490—493

C. Dumitru

Consideraţii privitoare la aportul energetic al turnurilor de răcire la funcţionarea circuitului de răcire al unei CTE 493—501

NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 502

INVENŢII—INOVAŢII 502

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Pop**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICRMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la : ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2523

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Te. nr. 137/6463/1982

41401

СОДЕРЖАНИЕ

К. Хайдук: *Исследования, связанные с вопросом определения схем по использованию потерянного тепла выхлопных газов из разных типов промышленных котлов* 457

Ф. Алексе и др.: *Оптимизация процесса использования топлива и тепла в предприятиях по первичной обработке дерева* 461

А. Набижович: *Энергетические циклы по использованию каменно-угольного газа* 468

К. Унгуреану и др.: *Экспериментальные исследования по вопросу перепадов давления при входе выхлопных газов в дымовую трубу* 473

Е. Потоля: *Оценка оптимального режима электроэнергетической системы* 479

Ал. Тэнэсеску, Х. Мэриеш, Марина Рус: *Полное сопротивление кабелей, типа А2YS У—12/20 кв, сопровождённых проводниками заземления* 485

Л. Станисавлиевич: *Соображения по вопросу регламентации химического режима воды для парогенераторов атомных термических станций* 490

К. Думитру: *Соображения по вопросу энергетического вклада башенных охладителей в процесс едействия охлаждающей цепи ТЭС* 493

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 502

ИЗОБРЕТЕНИЯ 502

INHALTSVERZEICHNIS

C. Haiduc: **Forschungen zur Bestimmung der Wärmerückgewinnungsschemen von den aus verschiedenen Industrieöfen erhaltenen Brenngasen** 457

Fl. Alexe u.a.: **Die Optimierung der Anwendung des Brennstoffes und der Wärme in Betrieben für die Holzverarbeitung** 461

A. Nabijovici: **Energiezyklen zur Anwendung des Kohlegases** 468

C. Ungureanu, u.a.: **Experimentelle Forschungen über Druckverluste bei dem Eintritt der Brenngase im Rauschschlot** 473

E. Potolea: **Die Auswertung des Optimalregimes eines Elektroenergie-systems** 479

Al. Tănăsescu, H. Măriеş und Marina Russ: **Die Impedanzen der Kabeln vom Type A2YSY—12/20 kV mit Erdungsleiter** 485

L. Stanisavlievici: **Betrachtungen über die Regelung der chemischen Fahrweise des Wassers für die Dampferzeuger der Kernkraftwerke** 490

C. Dumitru: **Betrachtungen über die Energiezufuhr der Kühltürme beim Betrieb eines Kühlkreises in einem Wärmekraftwerk** 493

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 502

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 502

SOMMAIRE

C. Haiduc: **Recherches sur la stabilité des schémas de récupération de la chaleur des gas de combustion évacués de différents types de fours industriels** 457

Fl. Alexe: **Optimisation de l'utilisation du combustible et de la chaleur dans les entreprises d'usinage primaire du bois** 461

A. Nabijovici: **Cycles énergétiques pour l'utilisation du gaz de charbon** 468

C. Ungureanu et a.: **Recherches éxprimentales sur les pertes de pression à l'entrée des gaz de combustion dans la cheminée** 473

E. Potolea: **Estimation du régime optimum d'un sistème électroénergétique** 479

Al. Tănăsescu, H. Măriеş et Marina Russ: **Impédances des câbles A2YSY — 12/20 kV comportant un conducteur de terre** 485

L. Stanisavlievici: **Remarques sur les réglémentations du régime chimique de l'eau pour les générateurs de vapeur des centrales termiques nucléaires** 490

C. Dumitru: **Remarques sur l'apport énergétique des tours de refroidissement au fonctionnement du circuit de refroidissement d'une CTE** 493

NOUVEAUTES TECHNIC-SCIENTIFIQUES 502

INVENTIONS-INNOVATIONS 502

SUMMARIES

DC 621.365.5 : 662.613.5 : 621 – 68

C. Haiduc : **Research Studies About Heat Recovery Schemes from Burnt Gases Disposed of Several Types of Industrial Furnaces**

The paper presents the results of the research studies carried out by the author on 181 industrial furnaces from different machine building enterprises for establishing the best heat recovery schemes from burnt gases. Nine such schemes are discussed, their efficiency is determined depending on some criteria such as: fuel savings, minimal annual costs, reliability, etc.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 457–460

DC. 660 12 :662.62

E. Alexe, a.o. : **The Optimization of the Fuel and Heat Use in Primary Wood Processing Enterprises**

The paper presents the results of researches aimed at an improvement of the electrical and thermal energy use in three representative enterprises of the wood processing industry.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 461–467

DC 621.311.22/23 : 662.74

A. Nabijovici: **Energy Cycles for the Use of Coal Gas**

Some coal gasification methods as well as some schemes for the use of the gas are presented.

Energetica 30(1982) nr. 10, p. 468–473

DC 662.922.2 : 662.613.5

C. Ungureanu, M. Nagi, I. Goleşteanu and M. Ionescu: **Experimental Studies Regarding Pressure Losses at the Burnt Gases Stack Inlet**

The fist part presents the results obtained by studies concerning pressure losses during the flow of air through pyramidal pieces with unequal divergence angles and further at the bilateral inlet of burnt gases into the stack. The suitability of a diafragm wall in the stacks is analysed as well as the influence of its position on pressure losses.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 473–478

DC 621.311.001.57

E. Pololea: **The Estimation of the Optimal Regime of the Electric Energy System**

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 479–485

DC 621.315.2 : 621.316.992

Al. Tănăsescu, H. Măriş and Marina Russ: **Impedances of 12/20 kV-Cables Types A2YSY with Earth Wire**

The paper presents the calculation method as well as the formulae used for determining sequence impedances for thermoplastic polyethylene insulated cables of the type A2YSY–12/20 kV with an earth wire. Two variants have been considered for the earth wire: multifilar aluminum lead covered earth wire and zinc steel earth wire. The obtained results are presented in tables and the positive effect of the earth wire on the homopolar impedance – for the latter's value decrease – and thus the decrease of the touching voltage values and of the step voltage for monophasic medium voltage shortcircuits with resistance earth connected neutral are presented.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 485–489

DC 621.311.22/23 : 621.313.12

L. Stanişavljevici: **Considerations About the Regulations of the Chemical Water Regime for Nuclear Power Plants Steam Generators**

The paper is concerned with a highly up-to-date problem for our country, connected to the due-in commissioning of the first nuclear power plant in Romania. Several variants of the chemical water regime from the classical part of thermal nuclear power plants are presented.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 490–493

DC 621. 311.22/23 : 621 3.017.72

C. Dumitru: **Considerations Regarding the Energy Share of Cooling Towers in the Thermal Power Plant Cooling Circuit Operation**

A calculation model characteristic temperatures for a joint mixture circuit and for its particular cases is presented (open or closed circuit). The influence of cooling towers at the determining of these temperatures and on the fuel use is determined. Finally, a calculation model for establishing the economic operation for the cooling circuit under the circumstances of thermal pollution restrictions is given.

Energetica 30 (1982), nr. 10, p. 493–501

Cercetări privind stabilirea schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale*)

Dr. ing. **C. Haiduc****)

Problema recuperării resurselor energetice secundare de la cuptoarele industriale capătă o importanță tot mai mare pe măsura creșterii prețurilor combustibililor și a sporirii dificultăților de procurare a acestora, atît prin extracție proprie, cît și prin import.

Avînd în vedere pierderile mari de căldură la cuptoarele industriale cu evacuare a gazelor de ardere (pînă la 65% din căldura conținută în combustibilul ars), trebuie acordată o atenție deosebită recuperării pe diferite căi a căldurii conținute în aceste gaze de ardere.

Articolul de față tratează problema stabilirii schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale.

1. Rezultatele cercetărilor

Cercetările efectuate de autor asupra oportunității recuperării căldurii și stabilirii celor mai adecvate scheme de recuperare a căldurii din gazele de ardere au cuprins 181 de cuptoare industriale din următoarele întreprinderi constructoare de mașini: IMGB, IMUC—București IUC—Ploiești, „1 Mai"—Ploiești, Întreprinderea de mecanică fină București, Întreprinderea mecanică Cîmpina, Întreprinderea de utilaj tehnologic Buzău și Întreprinderea mecanică Brașov.

În cadrul acestor lucrări experimentale au fost stabilite cele mai adecvate și mai economice scheme de recuperare a căldurii pentru 181 de cuptoare industriale. Economiile anuale de combustibil convențional care se pot obține prin aplicarea acestor cercetări reprezintă circa 20 000 t c.c./an, eficiența economică anuală fiind de 58 mil. lei.

În prezent se desfășoară astfel de cercetări complexe la Întreprinderea de autoturisme Pitești-Colibași.

*) Lucrare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, Brașov 3—5 decembrie 1981.

**) Dr. ing. Constantin Haiduc este cercetător științific principal II la ICSITEEMR—București.

Figura 1 prezintă schemele posibile de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare.

Conform schemei *I*, căldura gazelor de ardere evacuate din cuptor este folosită numai pentru preîncălzirea aerului destinat arderii.

În schema *II*, aplicată cuptoarelor la care temperatura gazelor evacuate este scăzută, recuperarea căldurii se realizează cu un economizor destinat preîncălzirii apei menajere sau de încălzire. În aceste condiții, atunci cînd se utilizează drept combustibil gazele naturale, temperatura gazelor evacuate după economizor poate fi coborîtă pînă la 80°C.

Schema *III*, pe lîngă preîncălzirea aerului de combustie, utilizează și recirculația gazelor de ardere, ceea ce amplifică regenerarea căldurii și conduce la economii suplimentare de combustibil față de schema *I*. În cazul schemei *III*, temperatura gazelor de ardere din cuptor este mai ridicată decît la schema *I*. Se intensifică, de asemenea, transferul de căldură în cuptor de la gaze la piesele care se încălzesc.

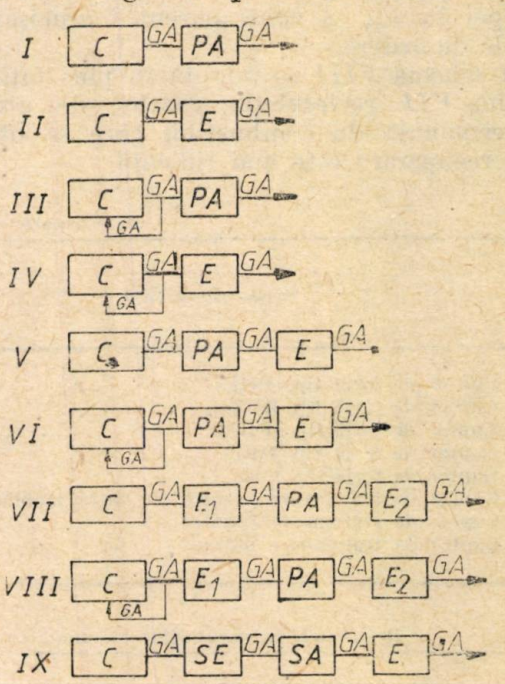


Fig. 1. Scheme de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale: *GA* — gaze de ardere; *C* — cuptor; *PA* — preîncălzitor de aer; *E* — economizor; E_1 — economizor treapta I; E_2 — economizor treapta a II-a; *SE* — suprafață de evaporare; *SA* — supraîncălzitor de abur.

Schema *IV*, spre deosebire de schema *II*, adoptă recirculația gazelor în cuptor, ceea ce conduce la economii suplimentare de combustibil față de schema *II* și la intensificarea proceselor de transfer de căldură prin convecție și radiație

în cuptor. Şi în acest caz temperatura gazelor de ardere evacuate din economizorul schemei *IV* poate fi coborîtă pînă la 80°C, atunci cînd se utilizează drept combustibil gazele naturale.

Schema *V* conţine, pe lîngă preîncălzirea regenerativă a aerului de ardere, şi economizorul pentru preîncălzirea apei menajere sau de încălzire a întreprinderii. Se pot obţine astfel importante economii de combustibil, în funcţie de temperatura de preîncălzire a aerului, precum şi economii suplimentare de combustibil prin utilizarea economizorului şi răcirea accentuată a gazelor de ardere.

Faţă de schema *V*, schema *VI* conţine în plus recirculaţia unei părţi din gazele de ardere evacuate din cuptor şi este mai economică.

În cazul schemei *VII* economizorul pentru preîncălzirea apei constă din două trepte, E_1 şi E_2. Treapta E_1 se amplasează înaintea preîncălzitorului de aer, pentru a micşora temperatura gazelor de ardere la intrarea în preîncălzitorul de aer. Se măreşte astfel fiabilitatea în exploatare a preîncălzitorului de aer şi de asemenea pot fi utilizate pentru ţevi materiale mai ieftine şi mai accesibile. Economizoarele E_1 şi E_2 se cuplează pe traseul apei în serie, apa de potenţial termic scăzut intrînd în E_1 şi apoi în E_2, în contracurent încrucişat cu gazele de ardere.

În schema *VIII* se adoptă în plus faţă de schema *VII* recirculaţia gazelor de ardere, iar economia de combustibil care se obţine prin recuperare este mai ridicată.

Schema *IX* conţine după cuptor (sau după grupele de cuptoare) următoarele suprafeţe de transfer de căldură ale cazanului recuperator: evaporatorul, supraîncălzitorul de abur şi economizorul.

Pentru determinarea celei mai adecvate scheme de recuperare a căldurii trebuie să se aibă în vedere următoarele criterii:

1) tipul cuptorului şi procesul de încălzire a materialului din cuptor;

2) nivelul de temperatură şi debitul gazelor de ardere evacuate din cuptor;

3) existenţa în întreprindere sau în exterior a necesarului de apă caldă sau abur (parametrii acestora);

4) graficele de funcţionare a cuptoarelor, precum şi graficele necesităţilor de apă caldă sau abur ale întreprinderii sau ale consumatorilor apropiaţi;

5) posibilităţile de amplasare a instalaţiilor de recuperare a căldurii, astfel încît acestea să nu perturbe procesul tehnologic;

6) economiile maxime de combustibil;

7) cheltuielile anuale de calcul minime la realizarea instalaţiilor de recuperare a căldurii;

8) fiabilitatea cît mai bună în exploatare a instalaţiilor de recuperare a căldurii.

Pentru exemplificarea rezultatelor obţinute în cadrul cercetărilor efectuate de autor, în tabelul 1 se prezintă unele date referitoare la opt cuptoare industriale de diferite tipuri.

Tabelul 2 conţine rezultatele unor măsurători efectuate pe aceste cuptoare. Se observă că

Tabelul 1

Date asupra cuptoarelor industriale cercetate

Nr. crt.	Denumirea cuptorului	Arzătoare			Debitul total instalat, de gaze naturale, Nm³/h
		Tip	Debitul nominal de gaze naturale, Nm³/h	Buc.	
1	Cuptor de forjă tip IPIU	GAR 25	25	2	50
2	Cuptor de forjă tip IPIU	GAR 25	25	3	75
3	Cuptor de forjă tip IPIU	GAR 25	25	3	75
4	Cuptor de forjă tip IMC	GAR 25	25	1	25
5	Cuptor de forjă tip IMC	GAR 25	25	2	50
6	Cuptor de tratamente termice cu vatră mobilă	GAR 25	25	4	100
7	Cuptor de tratamente termice	SAITEN	2	30	60
8	Cuptor de tratamente termice	GAR 25	25	1	25

Tabelul 2

Rezultatele măsurătorilor efectuate la unele dintre cuptoarele de forjă şi tratamente termice

Nr. crt.	Denumirea cuptorului	Debitul mediu de gaze naturale, Nm³/h	Temperatura gazelor de ardere la ieşirea din cuptor, °C	Analiza gazelor de ardere la ieşirea din cuptor			
				CO_2, %	O_2, %	CO, %	α
1	Cuptor de forjă tip IPIU	59,6	1020	9,5	1,5	1,8	1,05
2	Cuptor de forjă tip IPIU	75	814	6,5	1	5,8	0,93
3	Cuptor de forjă tip IPIU	75	1180	8,1	3,2	2,2	1,1
4	Cuptor de forjă tip IMC	25	900	6,2	10	0	1,8
5	Cuptor de forjă tip IMC	76,5	1003	6,5	9,3	0	1,7
6	Cuptor de tratamente termice cu vatră mobilă	97,10	550	3,4	15	0	3,3
7	Cuptor de tratamente termice	37,84	600	5,5	6,6	3,2	1,32
8	Cuptor de tratamente termice	20,57	600	6,5	9,3	0	1,7

α – excesul de aer

la cuptoarele de forjă temperatura gazelor de ardere la ieşirea din cuptoare poate să depăşească 1000°C, iar la cuptoarele de tratamente termice este de 600°C. Excesul de aer este în multe cazuri peste cel optim, în special în cazul cuptoarelor de tratamente termice.

În tabelul 3 se prezintă rezultatele calculului debitului anual al resursei secundare termice. Se constată că, datorită numărului mare de ore de funcţionare anuală a acestor cuptoare (între 4454 şi 6888 ore/an), debitul anual al resursei secundare termice este foarte ridicat, ceea ce indică posibilităţi mari de recuperare a căldurii din gazele de ardere, atît la cuptoarele de forjă, cît şi la cuptoarele de tratamente termice.

În tabelul 4 se redau rezultatele calculului termic al recuperatoarelor *PA* din schema *V* (fig. 1), pentru temperaturi de preîncălzire a aerului de 400°C. Suprafeţele de transfer al căldurii variază între 3 şi 19,5 m^2, iar costurile recuperatoarelor, între 6475 şi 36 638 lei.

Rezultatele calculului termic al economizoarelor din schema *V* de recuperare sînt prezentate în tabelul 5. Se observă că debitele de apă

Tabelul 3

Rezultatele calculului debitului anual al resursei energetice secundare termice pentru unele dintre cuptoarele de forjă şi tratamente termice

Nr. crt.	Denumirea cuptorului	Debitul mediu de gaze naturale, Nm^3/h	Durata anuală de funcţionare, ore/an	Consum anual de gaze naturale, $10^3/Nm^3/an$	Volumul anual de gaze de ardere, $10^3/Nm^3/an$	Debitul anual al resursei secundare termice recuperabile, tc.c./an
1	Cuptor de forjă tip IPIU	59,6	6526	388,949	4334,564	207,935
2	Cuptor de forjă tip IPIU	75	6888	516,6	5158,303	187,253
3	Cuptor de forjă tip IPIU	75	5622	421,65	4902,609	280,625
4	Cuptor de forjă tip IMC	25	4454	111,35	2047,604	82,091
5	Cuptor de forjă tip IMC	76,5	4576	350,064	8127,996	368,023
6	Cuptor de tratamente termice cu vatră mobilă	97,1	6728	653,289	16430,544	531,480
7	Cuptor de tratamente termice	37,84	6398	242,100	3329,432	126,456
8	Cuptor de tratamente termice	20,57	6448	132,635	2310,886	86,410

Tabelul 4

Rezultatele calculului termic al recuperatoarelor pentru preîncălzirea aerului de combustie

Nr. crt.	Denumirea cuptorului	Debitul mediu de gaze naturale după montarea recuperatoarelor, Nm^3/h	Temperatura de preîncălzire a aerului, °C	Debitul de gaze de ardere, Nm^3/h	Debitul de aer, Nm^3/h	Suprafaţa de transfer de căldură a recuperatorului, m^2	Costul recuperatorului, lei
1	Cuptor de forjă tip IPIU	57,351	400	703,050	596,143	5,013	10501
2	Cuptor de forjă tip IPIU	69,347	400	761,680	638,456	6,677	13987
3	Cuptor de forjă tip IPIU	71,415	400	913,392	777,678	5,767	12082
4	Cuptor de forjă tip IMC	19,85	400	401,521	353,715	3,355	7027
5	Cuptor de forjă tip IMC	68,704	400	1754,731	1564,338	13,393	27849
6	Cuptor de tratamente termice cu vatră mobilă	72,455	400	2004,507	1793,201	19,545	36638
7	Cuptor de tratamente termice	35,711	400	540,219	466,652	4,642	9559
8	Cuptor de tratamente termice	18,475	400	354,076	310,924	3,093	6475

Tabelul 5

Rezultatele calculului termic al economizoarelor pentru preîncălzirea apei

Nr. crt.	Denumirea cuptorului	Temperatura gazelor de ardere la intrarea în economizor, °C	Temperatura gazelor de ardere la ieşirea din economizor, °C	Temperatura apei la ieşirea din economizor, °C	Temperatura apei la intrarea în economizor, °C	Debitul de apă prin economizor, kg/h	Suprafaţa de transfer de căldură a economizorului, m^2	Costul economizorului, lei
1	Cuptor de forjă tip IPIU	380	160	150	70	634,63	11,643	13252
2	Cuptor de forjă tip IPIU	380	160	150	70	687,63	12,481	14204
3	Cuptor de forjă tip IPIU	380	160	150	70	824,50	15,336	17459
4	Cuptor de forjă tip IMC	380	160	150	70	354,52	6,745	7676
5	Cuptor de forjă tip IMC	380	160	150	70	1549,33	29,850	33984
6	Cuptor de tratamente termice cu vatră mobilă	380	160	150	70	1751,68	33,795	38469
7	Cuptor de tratamente termice	380	160	150	70	483,61	9,059	10308
8	Cuptor de tratamente termice	380	160	150	70	313,29	5,947	6762

care pot fi încălzite variază între 313 și 1752 kg/h iar costurile economizoarelor variază în limitele 6762—38 496 lei.

În cadrul cercetărilor efectuate pentru diferite cuptoare, în funcție de cele opt criterii menționate, s-au adoptat diferite scheme de recuperare a căldurii, selectate din cele nouă scheme propuse inițial. Trebuie menționate eficiența mare a schemelor *V* și *VI*, atunci

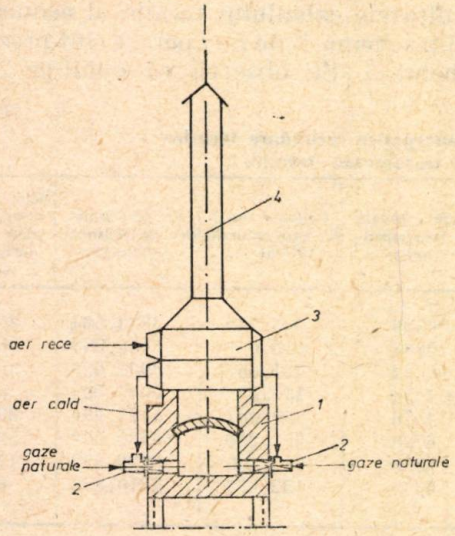


Fig. 2. Schemă de recuperare a căldurii gazelor de ardere prin utilizarea preîncălzitoarelor de aer de combustie : *1* — cuptor ; *2* — arzătoare cu aer cald ; *3* — preîncălzitor de aer ; *4* — coș.

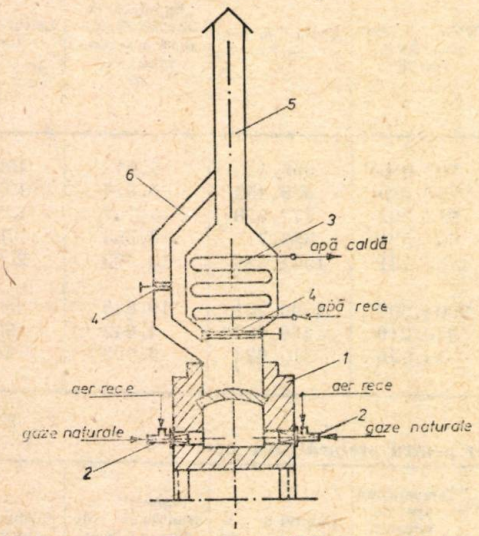


Fig. 3. Schema de recuperare a căldurii gazelor de ardere prin utilizarea economizorului pentru obținerea apei calde și menajere : *1* — cuptor ; *2* — arzător cu aer rece ; *3* — economizor ; *4* — clapetă ; *5* — coș ; *6* — canal de bypassare.

cînd în cadrul întreprinderilor există necesar suficient de apă caldă, precum și fiabilitatea mare a schemelor *VII*, *VIII* și *IX*.

În figurile 2, 3 și 4 se prezintă modul de amplasare a preîncălzitoarelor de aer și a economizoarelor față de cuptoare în cadrul cercetărilor efectuate.

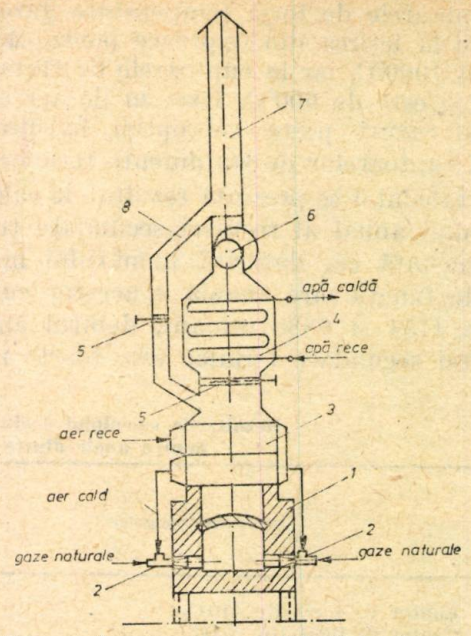


Fig. 4. Schema de recuperare a căldurii gazelor de ardere prin utilizarea preîncălzitoarelor de aer de combustie și a economizorului pentru obținerea apei calde și menajere : *1* — cuptor ; *2* — arzător cu aer cald ; *3* — preîncălzitor de aer ; *4* — economizor ; *5* — clapetă ; *6* — ventilator de gaze ; *7* — coș ; *8* — canale de bypassare.

Concluzii

1. Se expun rezultatele cercetărilor efectuate de autor pentru stabilirea schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere de la diferite tipuri de cuptoare.

2. Se prezintă o analiză a eficienței pentru nouă scheme de recuperare a căldurii din gazele de ardere.

3. Sînt redate exemplificat rezultatele calculelor termice ale preîncălzitoarelor de aer și ale economizoarelor pentru diferite tipuri de cuptoare industriale, subliniindu-se importanța adoptării unor scheme complexe de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate.

4. Introducerea economizoarelor în schemele complexe de recuperare a căldurii conduce la economii însemnate de combustibil.

Bibliografie

[1] Haiduc, C. și Cristescu, Gh. *Studiu tehnico-economic privind recuperarea resurselor energetice secundare provenite din căldura gazelor de ardere de la 22 de cuptoare de forjă și tratamente termice din cadrul Întreprinderii mecanice Cîmpina*. ICSITEEMR, București, 1979.

[2] Haiduc, C., Tudor, Gh., Cristescu, Gh. și Niculae, M. *Studiu tehnico-economic privind recuperarea resurselor energetice secundare provenite din gazele de ardere de la 28 de cuptoare industriale din cadrul Secției III Pile a Întreprinderii de mecanică fină București*. ICSITEEMR, București, 1981.

[3] Haiduc, C. *Studiu tehnico-economic privind recuperarea resurselor energetice secundare de la cinci cuptoare industriale și din apa recirculată din cadrul Întreprinderii mecanice Brașov*. ICSITEEMR, București, 1981.

(Articol intrat în redacție la 11 mai 1982

Optimizarea utilizării combustibilului şi căldurii la întreprinderi de prelucrare primară a lemnului*)

Dr. ing. Fl. Alexe
ing. S. Dumitrescu
ing. E. Negrea
ing. D. Iacob
ing. C. Balogh
ing. D. Dumitraşcu**)

1. Abordarea problemei

Lucrarea de faţă reprezintă o succintă sinteză a cercetărilor efectuate în perioada 1979—1981 în cadrul Catedrei de Centrale electrice şi energetică industrială, în baza unor contracte de colaborare ştiinţifică cu unităţi ale M.E.F.M.C. — Centrala de exploatare a lemnului (C.E.L.).

Principalele direcţii urmărite în cadrul cercetării au fost:

— evidenţierea fluxurilor de materiale şi energetice caracteristice întreprinderilor analizate;

— analiza energetică a proceselor tehnologice specifice unităţilor C.E.L., cu identificarea proceselor energointensive;

— studierea soluţiilor de alimentare actuale şi de perspectivă cu energie termică şi electrică, în scopul estimării posibilităţilor de realizare a unei independenţe energetice pentru acest tip de întreprinderi.

Întreprinderile analizate sînt unităţi ale M.E.F.M.C.—C.E.L. ce includ: fabrici de cherestea, sectoarele de prelucrări din întreprinderi forestiere de exploatare şi transport (I.F.E.T.) şi combinate de exploatare şi prelucrare a lemnului (C.E.P.L.), cu următoarele particularităţi de amplasare, tehnologice şi energetice:

— folosesc materie primă naturală brută;

— pentru reducerea distanţelor şi a cheltuielilor de transport al materiei prime, sînt amplasate în vecinătatea exploatărilor forestiere şi au o capacitate de prelucrare limitată, din considerente de folosire judicioasă a fondului forestier, constituind consumatori termici şi electrici mici şi medii, dispersaţi;

— dezvoltarea de perspectivă a producţiei valorice se poate face numai prin creşterea gradului de prelucrare a materiei prime;

— principalele resurse energetice reciclabile sînt constituite din deşeuri de lemn ce nu pot fi refolosite în alte procese tehnologice (rumeguş, deşeuri, capete etc.), precum şi din materialul lemnos depreciat (coji, putregaiuri ş.a.), acestea reprezentînd cumulat peste 20% din cantitatea de materie primă intrată în întreprindere şi putînd fi valorificate în cazane de tip special;

— în cadrul proceselor tehnologice se consumă în principal căldură (la procesele de tratare termică şi presare), precum şi energie mecanică (în procesele de prelucrare şi presare);

— gradul de prelucrare al materiei prime este limitat, produsele finite fiind în majoritate semifabricate (cherestea, PAL, placaj, plăci celulare), ce sînt utilizate ca materie primă în alte întreprinderi.

2. Analiza statistică a consumurilor lunare de energie pentru unităţi tipice

Pentru exemplificare se prezintă analizele efectuate în trei unităţi, care, prin diversitatea de mărime şi grad de prelucrare, sînt acoperitoare şi reprezentative pentru ramura prelucrării primare a lemnului (tabelul 1).

Pe baza consumurilor lunare şi anuale de energie electrică, E, şi energie termică, Q, s-au calculat pentru cele trei unităţi indici medii de structură de consum: $Z\left[\frac{Q[\mathrm{kJ}]}{E[\mathrm{kJ}]}\right]$ şi abaterea pătratică a indicilor de structură în raport cu valoarea medie σ_z, precum şi abaterile medii ale consumurilor de energie electrică şi termică lunare raportate la consumul mediu, σ_T, σ_E (tabelul 2).

Tabelul 1

Caracterizarea platformelor analizate din punctul de vedere al masei de materie primă prelucrată şi al gradului de prelucrare

Codificarea folosită în lucrare pentru denumirea întreprinderii	Caracteristica din punctul de vedere al masei de materie primă prelucrate anual	Caracteristica din punctul de vedere al gradului de prelucrare
Unitatea (platforma) *T*	Masă medie de materie primă	Grad de prelucrare avansat
Unitatea (platforma) *G*	Masă mare de materie primă	Grad de prelucrare mediu
Unitatea (platforma) *H*	Masă mică de materie primă	Grad de prelucrare redus

Se observă că pentru toate cazurile indicele de structură este puternic supraunitar, iar abaterile pătratice ale acestuia faţă de medie reprezintă valori de circa 15% din valoarea medie, fiind mai mari pentru unitatea G şi mai mici pentru unitatea H.

Variaţiile lunare de consum de energie electrică şi termică sînt mai mari faţă de medie la unitatea G ($\pm 15{,}62\%$ la consumul electric)

*) Lucrare prezentată la cea de-a IX-a Conferinţă a termoenergeticienilor. Braşov, decembrie 1981.

**) Florin Alexe este şef lucrări la Catedra de Centrale electrice şi energetică industrială; Stela Dumitrescu este cercetător principal gr. III la aceeaşi catedră; Emanoil Negrea, Dana Iacob, Csaba Balogh şi Dumitru Dumitraşcu sînt ingineri absolvenţi promoţia 1981 ai Direcţiei de specializare energetică industrială, Facultatea energetică, Institutul politehnic Bucureşti.

Tabelul 2

Date rezultate din prelucrarea statistică a consumurilor relative de energie electrică $\left(\frac{E_c}{E_e}\right)$ și energie termică $\left(\frac{E_t}{E_t}\right)$

UNITATEA	$\frac{1}{\overline{z}}$	$\overline{z}$	σ_z	$\sigma_{\frac{1}{z}}$	$\sigma_E \times 10^{-10}$	$\sigma_T \times 10^{-10}$
Platforma T	0,1758583	5,7768844	1,7447315	0,021054	0,1301128	0,1751968
Platforma G	0,0778166	13,232219	2,7798074	0,016084	0,156208	0,1561667
Platforma H	0,0819283	12,353387	1,3029543	0,00937454	0,0650699	0,1430131

și la unitatea T ($\pm$17,51% la cel termic) și mai mici pentru unitatea H ($\pm$6,5% la consumul electric și $\pm$14,3% la cel termic).

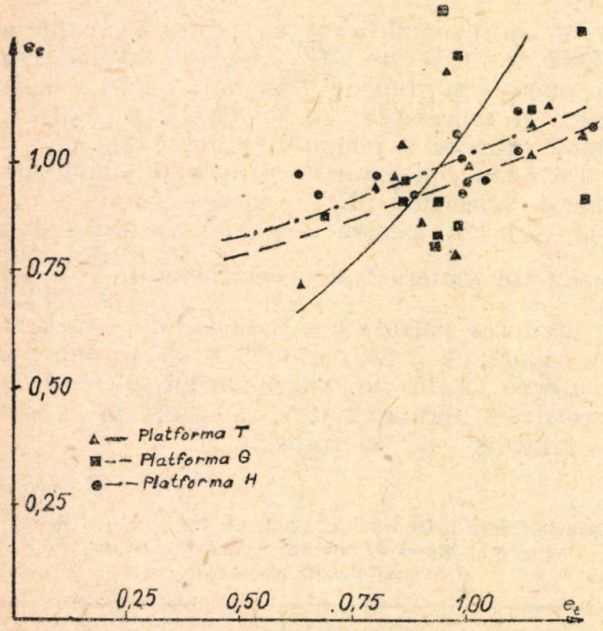


Fig. 1. Prezentarea consumului relativ de energie electrică și termică în lunile unui an pentru platformele studiate.

Pentru a analiza existența unei corelații între consumurile de energie electrică și termică se reprezintă în figura 1 valorile consumului relativ de energie electrică:

$$e_{ei} = \frac{\textit{energia electrică a unei luni}}{\textit{energia electrică medie}}$$

și termică (e_{ti}), în lunile unui an.

Curba de regresie propusă, pentru care consumul de energie electrică și termică trebuie să se anuleze simultan, este de tipul: $e_e = (e_t)^x$, obținînd pentru x: $x = 0{,}5809989$, pentru platforma T, $x = 1{,}0380554$, pentru platforma G, și $x = 0{,}1918775$, pentru platforma H, ceea ce arată că pentru platforma G consumul de energie electrică variază practic proporțional cu cel de energie termică, în timp ce pentru platformele T și H consumul de energie termică variază în limite mai mari.

Pentru a verifica nivelul de încredere în corelația stabilită s-a calculat abaterea pătratică medie a punctelor reale față de curbele stabilite, obținîndu-se valori de $\pm$9,8455%, pentru platforma T, $\pm$21,132%, pentru platforma G, și $\pm$4,698%, pentru platforma H, ceea ce indică existența unei corelații medii pentru platformele T și H și, respectiv, existența unei corelații mai slabe pentru platforma G.

3. Analiza consumurilor specifice de energie raportate la cantitatea de materie primă și a indicilor de structură, în vederea stabilirii posibilității realizării independenței energetice a platformelor studiate

Pentru a evidenția caracterul energointensiv al utilajelor și tehnologiilor folosite în prelucrarea primară a lemnului în cele trei platforme analizate, se vor defini indicii de consum specific de energie electrică și termică, raportați la cantitatea de materie primă utilizată în respectiva unitate, măsurată în metri cubi.

Pentru a permite o comparație între cantitatea de energie necesară pentru prelucrarea unui metru cub de lemn și cantitatea de energie ce poate fi degajată prin arderea deșeurilor lemnoase nerecuperabile ce rezultă din prelucrarea acelorași cantități, indicii specifici au fost exprimați în kg c.c./m³. La transformarea consumului specific de energie electrică (kWh/m³) în kg c.c./m³ s-a considerat consumul specific de combustibil pentru producerea energiei electrice, b_{sp}, în două ipoteze:

— la producerea energiei electrice în sistemul energetic național (SEN) $b_{sp} = 0{,}385$ kg c.c./kWh;

— la producerea energiei electrice în CET proprie cu turbine cu abur cu contrapresiune, $b_{sp} = 0{,}175$ kg c.c./kWh.

Rezultatele sînt sintetizate în tabelul 3.

Cunoașterea consumurilor specifice de energie primară este utilă pentru estimarea posibilităților de realizare a unei independențe energetice a platformelor respective, în una din următoarele variante:

a) asigurarea întregii cantități de energie necesară pe platformă din arderea deșeurilor

Tabelul 3

Indicii de consum specific de energie electrică şi termică ce revin unităţii de materie primă intrată în costul de bilanţ

Unitatea	Consumul specific de energie electrică raportat la 1 m³ lemn intrat			Consumul specific de energie termică	Consumul specific global de energie primară	
	kWh/m³	kg c.c./m³ [SEN]	kg c.c./m³ [CET]	kg c.c./m³	kg c.c./m³ (Energie electrică produsă în SEN)	kg c.c./m³ (Energie electrică produsă în CET)
Platforma *T*	38,65	14,88	6,76	29,01	43,89	35,77
Platforma *G*	109,716	42,03	19,2	167,2	209,23	186,4
Platforma *H*	18,384	7,076	3,22	40,98	48,06	44,20

lemnoase neutilizabile în alte scopuri, într-o CET proprie;

b) asigurarea necesarului de energie termică şi electrică dintr-o CET proprie, în care, pe lîngă deşeurile lemnoase, să se ardă şi un combustibil auxiliar.

Menţionăm că în accepţia autorilor independenţa energetică nu se realizează prin decuplarea întreprinderii de la SEN, ci printr-o cooperare a sursei proprii (CET de întreprindere) cu SEN la acoperirea necesarului de energie electrică. Această cooperare este strict necesară, datorită utilizării în CET de întreprindere a turbinelor cu contrapresiune, care oferă randamente ridicate, dar au o elasticitate redusă în livrarea simultană de energie electrică şi termică, introducînd o corelaţie mult mai strînsă a posibilităţilor de livrare, în raport cu variaţiile mai mari ale consumului.

Ştiind că lemnul semiuscat are o densitate medie de 700 kg/m³ şi considerînd cota de deşeuri ca fiind de 20—25% din materia primă intrată, cu echivalarea a 1 kg deşeu lemnos cu circa 0,3 kg c.c., rezultă că la valorificarea prin ardere a deşeurilor lemnoase se poate obţine o cantitate de energie echivalentă cu 42—52,5 kg c.c./m³. Aceasta indică posibilitatea realizării independenţei energetice în varianta *a*) pentru platformele *T* şi *H* şi platformele similare din punctul de vedere al utilajelor şi gradului de prelucrare. În cazul platformei *G* nu este posibilă o independenţă energetică decît în varianta *b*), fapt datorat proceselor şi utilajelor energointensive din această platformă.

Într-o CET cu turbine cu contrapresiune producţia de energie electrică este legată de producţia de energie termică prin intermediul indicelui de termoficare:

$$y = \frac{\textit{producţia de energie electrică}}{\textit{producţia de energie termică}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kJ}}\right]$$

Pentru ca CET de întreprindere să poată livra întreaga cantitate de energie electrică necesară platformei este necesar ca indicele de termoficare mediu să fie aproximativ egal cu inversul indicelui de structură de consum mediu: $y = \frac{1}{z}$.

Valorile curente ale indicelui de termoficare pentru CET de întreprindere de mică putere, cu presiuni ale aburului mai mici de 40 bar şi două niveluri de consum termic corespunzătoare presiunilor de circa 3—4 bar, pentru procese ce au loc la temperaturi mai scăzute, şi 13—15 bar, pentru procesele ce au loc la temperatură mai ridicată, sînt date în tabelul 4. Comparînd valorile indicelui y din tabelul 4 cu inversul indicelui de structură $\frac{1}{z}$ din tabelul 2 se constată că:

— pentru unităţile *G* şi *H* este posibilă producerea în CET proprie a unei cantităţi de energie electrică aproximativ acoperitoare faţă de nevoile platformei, folosind utilaje cu parametrii aburului viu de 16 bar/320°C, utilaje existente în fabricaţie curentă în R.S.R. (cazane pe lemn şi lignit cu debitul cuprins între 4,5 şi 10 t/h şi turbine TKP—0,2; TKP—1);

— pentru unitatea *T*, la care consumul de energie electrică este relativ ridicat în raport cu consumul de căldură ($1/z = 0{,}1758$), satisfacerea necesarului de energie electrică din CET propriu s-ar putea realiza numai cu instalaţii cu parametrii aburului viu mai ridicaţi (35 bar/435°C).

4. Analiza proceselor energotehnologice şi a produselor energofage din întreprinderile de prelucrare primară a lemnului

Procesele de prelucrare primară a lemnului necesită energie sub următoarele forme:

a) energie mecanică, în procesele de tăiere şi prelucrare mecanică, tocare aşchii, transport intern, ventilaţie, aer comprimat etc.;

b) energie termică pentru procesele de tratare termică (uscare, aburire ş.a.), pentru presa-

Tabelul 4

Variația coeficienților de termoficare în funcție de: putere, parametrii aburului la intrare și cei la priză ai turbinelor cu abur ce se pot avea în vedere pentru platformele analizate

Denumirea turbinei		AT–3	AS–3	AKP–3	AKR–2,5	AKSP–3	SKP–0,2
Parametrii de intrare	bar	34,3	34,3	34,3	34,3	34,5	16
	°C	435	435	435	435	435	300
Parametrii la priza reglabilă	bar	14,7	12,7			9,8	3,5
		+2,95	+1,9	–	–	+2,95	
	°C	−1,95	−2,4			−1,95	140
Parametrii la priza nereglabilă	bar	4,4	4,4	2,95 +1 −1	5,9 +1,9 −1,9	2,95 +1 −1	–
Coeficientul de termoficare	KJ	0,0372	0,0401	0,1515	0,1262	0,1236	0,07829

rea și încleierea la cald (prese PAL, prese placaj, plăci celulare, furniruire ș.a.), pentru uscarea lacurilor și a vopselelor, pentru încălzirea spațiilor de lucru etc.;

c) energie electrică pentru iluminat și acționări (pct. a).

Din analiza indicelui de structură al consumului rezultă preponderența consumului termic, fapt explicabil în principal prin aceea că procesele termice sînt energofage. Ca exemplu se pot menționa procesele de uscare, tratare termică a lemnului și cele de presare ce necesită un consum mare de căldură, din care o cotă importantă fără efect util direct, numai pentru menținerea temperaturii de lucru.

În tabelul 5 se prezintă consumurile specifice globale, în kg c.c. pe m^3 de material finit, pentru principalele produse energointensive. Se remarcă valorile specifice ridicate ale consumurilor și faptul că pentru tehnologiile actuale produsul cel mai energointensiv îl reprezintă plăcile de PAL.

Ca urmare a caracterului energointensiv al proceselor tehnologice s-a pus în evidență faptul că principala cale de economisire a energiei în întreprinderile analizate constă în restructurarea proceselor și utilajelor tehnologice, în special a celor energofage. Spațiul limitat al lucrării de față nu permite o analiză energetică detaliată a diferitelor etape ale procesului. În deciziile de perspectivă privind modernizarea tehnologiilor și utilajelor în acest tip de întreprinderi, este necesară o mai bună colaborare între tehnologi și energeticieni, în conceperea unor noi linii și procedee de prelucrare, cu investiții sporite și consum energetic redus.

Tabelul 5

Consumurile de energie ale proceselor și produselor energofage în industria de prelucrare primară a lemnului

Produsul	Principalele faze tehnologice energointensive și consumurile specifice de energie, kg c.c./m^3			Consum specific global, kg c.c./m^3
Cherestea	Tăiere	Uscare		35÷65
	1,15÷2,25	33÷63		
Placaj	Aburire	Derulare și uscare furnir	Presare la cald	50÷100
	1,25÷2,4	33÷63	16÷30	50÷100
PAL	Tocare și uscare	Presare la cald		95÷175
	50÷94	45÷80		

5. Soluții optime de alimentare cu energie a platformelor analizate

Soluțiile actuale de alimentare cu energie a celor trei platforme sînt :

— centrală termică pentru livrarea energiei termice și mecanice (produsă într-o mașină de forță cu piston) și asigurarea cu energie electrică din SEN pentru platformele *T* și *H* (fig. 2 și 3);

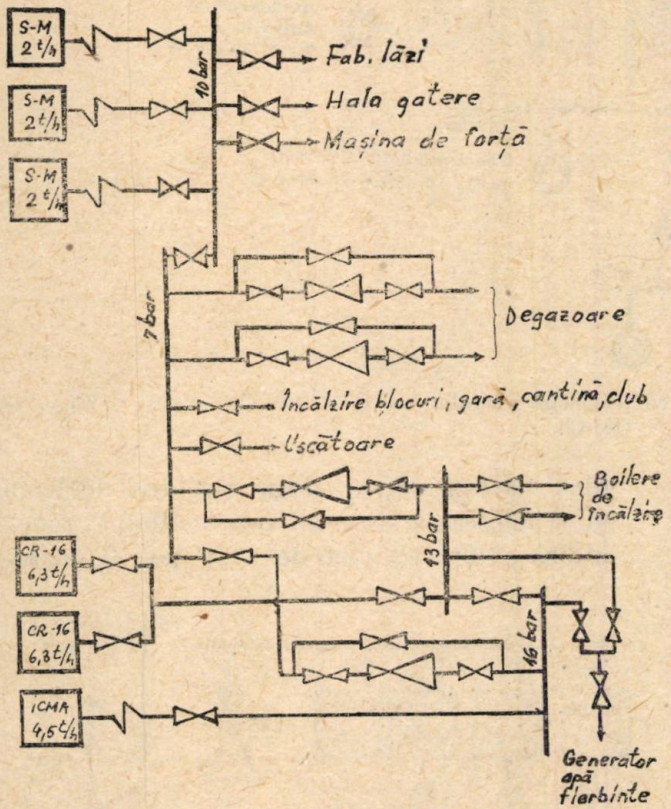


Fig. 2. Schema termomecanică actuală de alimentare cu căldură a platformei *T*.

— CET de întreprindere cu turbină cu contrapresiune, acoperind consumul de energie termică o parte în termoficare, din contrapresiunea turbinei, și o parte în regim de centrală termică, direct din bara de abur viu, și preluînd o cotă din energia electrică necesară din SEN, pentru platforma *G* (fig. 4).

Principalele deficiențe ale actualelor scheme ale centralelor termice analizate sînt următoarele :

— mașinile de abur cu piston, utilizate la unitățile *T* și *H*, au randamente globale coborîte, datorită parametrilor reduși și funcționării în condensație;

— producerea aburului în toate centralele are loc la parametri mai mari decît cei de consum, adaptarea parametrilor realizîndu-se în stații de reducere și răcire (*SRR*), cu distrugere de energie, fără producere de lucru mecanic;

— ca urmare a consumului mare de energie termică datorat mașinilor de forță cu piston ce au randamente scăzute și proceselor tehnologice energointensive, unitățile *T* și *G* necesită aport de combustibil din exterior (păcură pentru unitatea *T* și păcură și lignit pentru unitatea *G*).

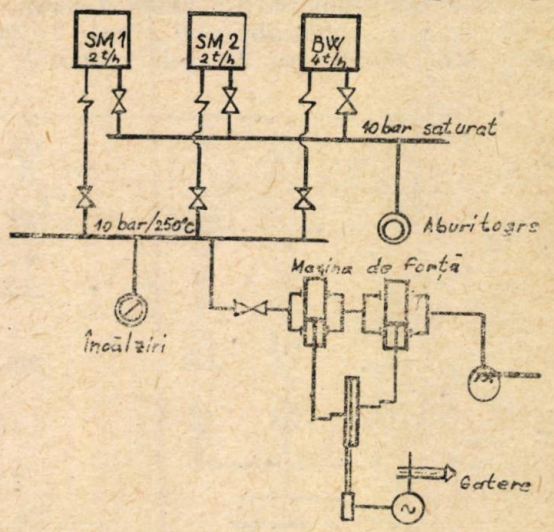


Fig. 3. Schema termomecanică actuală de alimentare cu căldură a platformei *H*.

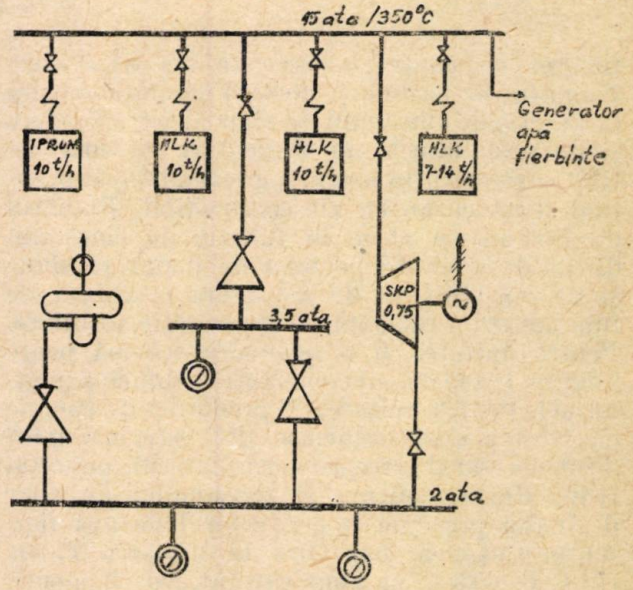


Fig. 4. Schema termomecanică actuală de alimentare cu căldură și energie electrică a platformei *G*.

În afara dezavantajelor de concepție susmenționate, cazanele tip Stein-Müller și mașinile de forță cu piston din dotarea unităților *T* și *G* au o vechime foarte mare și prezintă un grad avansat de uzură fizică și morală.

În vederea utilizării mai eficiente a combustibilului și căldurii în centralele termice de întreprindere se propune ca pentru toate întreprinderile analizate și pentru întreprinderile similare, cu necesar de căldură la vîrf de peste 5 Gcal/h, să se treacă la folosirea de CET de întreprindere cu parametrii coborîți ai aburului viu.

Pentru unităţile cu consum termic coborît de tip *T* şi *H* este recomandabilă o CET cu schema de principiu de tipul celei din figura 5, cu cazane ignitubulare tip I.C.M.A.-Cluj, de 4,5 t/h, cu parametrii aburului viu de 16 bar/320°C, funcţionînd pe deşeuri lemnoase, şi consumuri de abur de peste 30 t/h, ceea ce depăşeşte sensibil necesarul întreprinderii analizate. Rezultă că o astfel de schemă se poate realiza numai pentru CET de zonă sau CET de întreprindere ce prelucrează cantităţi mult mai mari de materie primă, în ambele cazuri

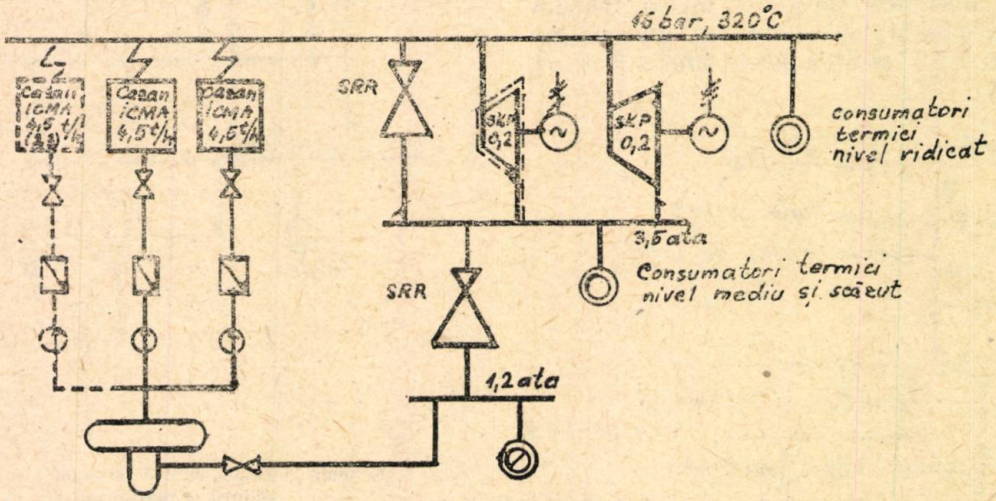


Fig. 5. Schema termomecanică de principiu pentru CET cu parametrii aburului viu de 16 bar/320°C, D_{max} = 9(13,5) t/h şi D_{med} = 6(9) t/h.

turbine cu contrapresiune de tip SKP—0,2. Numărul de cazane şi debitul acestora se aleg în funcţie de consumul de abur al întreprinderii şi de posibilităţile de alimentare cu combustibil — deşeuri de lemn —, prevăzîndu-se eventual şi un cazan cu alt combustibil. Numărul de turbine se alege în funcţie de consumul direct de abur de pe bara de înaltă presiune şi de posibilitatea de a asigura o durată de funcţionare suficientă a capacităţii instalate. Pentru unitatea *H* o asemenea schemă poate asigura independenţa energetică totală a platformei. Pentru unitatea *T* producţia de energie electrică a unei asemenea CET este mai mică decît necesarul întreprinderii, datorită indicelui redus de termoficare şi consumului de abur de înaltă presiune la generatorul de apă fierbinte. Cazanele existente la unitatea *T*, de tip C.R.—16 C pe abur saturat, vor fi menţinute ca unităţi de rezervă şi vîrf pentru consumul termic şi nu vor fi folosite în bază, deoarece : consumă combustibil superior (păcură) şi nu permit folosirea turbinelor cu contrapresiune, ce nu sînt construite pentru a putea funcţiona cu abur viu saturat. În cazul în care se doreşte pentru unitatea *T* realizarea unei independenţe energetice şi din punctul de vedere al producţiei de energie electrică, este necesară o CET de întreprindere sau o CET de zonă cu parametrii aburului viu de 35 bar/435°C. În figurile 6 şi 7 se prezintă schemele de principiu posibile pentru o astfel de CET cu una şi, respectiv, două bare de abur de consum. Menţionăm că în R.S.R. turbinele de termoficare de tip AKSP şi AKR se fabrică numai la puteri unitare de peste 2,5 MW, cu fiind necesar ca, pe lîngă deşeurile de lemn, să se folosească şi un alt combustibil. Cazanele utilizate într-o astfel de CET pot fi cazane

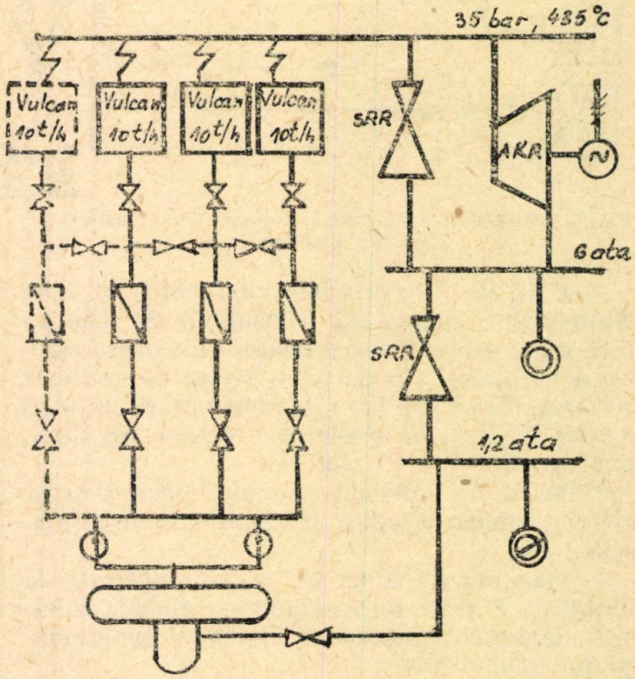


Fig. 6. Schema termomecanică de principiu pentru CET cu parametrii aburului viu de 35 bar/435°C, cu D_{max} = 30t/h şi D_{med} = 20 t/h.

Vulcan acvatubulare, de 10 t/h, cu combustibil deşeuri de lemn, şi cazane de 20—30 t/h, cu combustibil lignit sau păcură.

Pentru unitatea *G*, la care se utilizează deja schema de CET de întreprindere cu parametrii de 16 bar/350°C, se recomandă o creştere a capacităţii de turbinare, prin instalarea unei turbine suplimentare de contrapresiune de tip

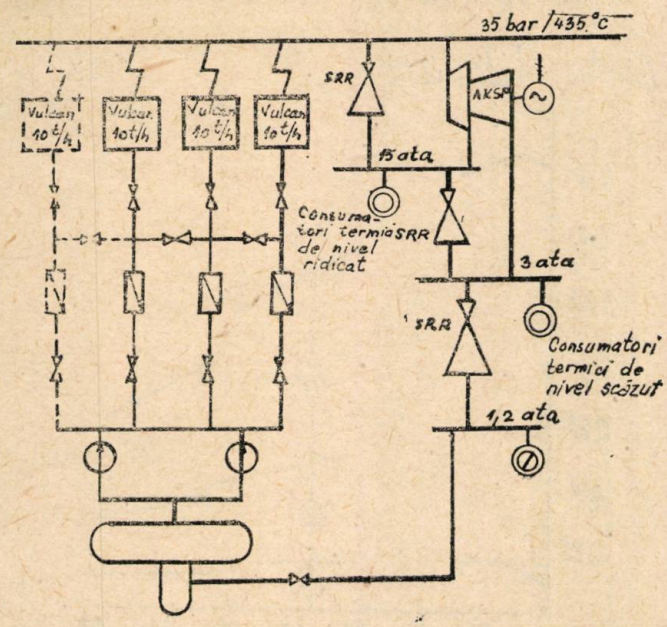


Fig. 7. Schema termomecanică de principiu pentru CET cu parametrii aburului viu de 35 bar/436°C, cu D_{max} = 30 t/h, D_{med} = 20 t/h şi consumatori termici la două niveluri de presiuni.

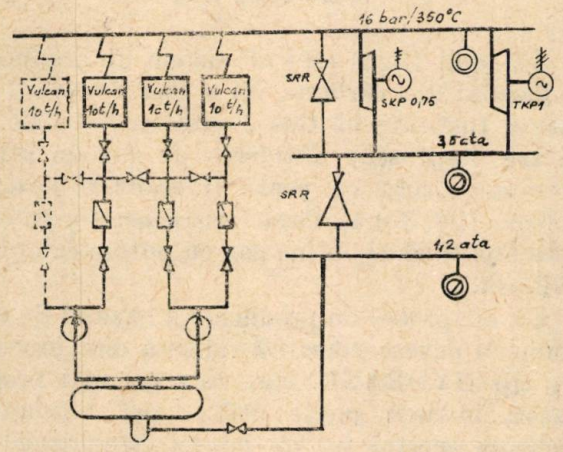


Fig. 8. Schema termomecanică de principiu pentru CET cu parametrii aburului viu de 35 bar/450°C, cu D_{max} = 30 t/h şi D_{med} = 20 t/h, propusă pentru platforma *G*.

TKP—1 şi înlocuirea cazanului de păcură tip I.P.R.O.M. cu un cazan pe lignit de aceiaşi parametri, eventual extinderea sălii cazanelor cu încă un cazan de 10 t/h. Schema îmbunătăţită a acestei CET este redată în figura 8. O asemenea soluţie poate acoperi practic integral necesităţile de energie electrică şi termică ale întreprinderii *G*, cu aport de combustibil (lignit) din exterior.

Concluzii

Întreprinderile de prelucrare primară a lemnului sînt unităţi de mărime mică sau mijlocie, ce realizează o serie de procese tehnologice energointensive, caracterizate printr-un consum relativ mare de căldură pe unitatea fizică de produs.

Din bilanţurile energetice efectuate asupra celor trei unităţi de acest tip s-au pus în evidenţă importante posibilităţi de economisire a energiei termice prin măsuri de gospodărire judicioasă, ce privesc în egală măsură consumatorii tehnologici şi sursele de căldură.

Actualele utilaje tehnologice cu care sînt dotate aceste întreprinderi au fost concepute într-o perioadă de energie ieftină şi se caracterizează prin consumuri specifice mari de energie pe unitatea de efect util. În situaţia actuală de evoluţie a preţului combustibilului se impune o restructurare a proceselor şi utilajelor tehnologice începînd cu cele mai energofage, uscarea şi tratarea termică a lemnului, în primul rînd, apoi procesele de presare la cald şi altele. Menţionăm că pe plan mondial se utilizează curent procedee moderne cu consumuri specifice mici, cum ar fi : tratarea termică în autoclavă, tratarea termică cu curenţi de înaltă frecvenţă, uscarea cu ajutorul pompelor de căldură, presarea preliminară la rece şi altele. Investiţiile sporite necesare în utilajele tehnologice pentru aplicarea acestor procedee pot fi justificate economic prin efectul rezultat ca urmare a economisirii de combustibil.

Alimentarea cu energie electrică şi termică a întreprinderilor de acest profil din R.S.R. se realizează în majoritate cu centrale termice, pentru căldură, şi din SEN, pentru energie electrică.

Cea mai importantă cale de realizare a unor economii la sursă este realizarea alimentării cu CET de mică putere, de întreprindere, echipate cu turbine cu contrapresiune şi, eventual, cu prize reglabile, soluţie pe deplin realizabilă cu echipamentele fabricate sau în curs de asimilare în ţară.

În urma aplicării unor măsuri de gospodărire judicioasă a energiei la sursă şi la consumator este posibilă realizarea unui grad sporit de independenţă energetică a întreprinderilor analizate, cu reducerea consumului de energie primară atît în centrala proprie cît şi în S.E.N.

Bibliografie

[1] Stăncescu, D. I. şi Athanasovici, V. *Termoenergetică industrială*. Editura tehnică, Bucureşti, 1979.

[2] Marinescu, I. *Uscarea şi tratarea termică a lemnului*. Editura tehnică, Bucureşti, 1980.

(Articol intrat în redacţie la 3 mai 1982)

Cicluri energetice pentru utilizarea gazului de cărbune

Dr. ing. **A. Nabijovici***)

Dezvoltarea societății moderne în etapa actuală necesită cantități de energie tot mai mari, care, în condițiile crizei energetice mondiale, se pot obține cu mari eforturi. Avînd în vedere faptul că resursele de materii prime energetice denumite convențional clasice, în special petrolul și gazele naturale, sînt epuizabile în mod rapid, în domeniul energetic, în afară de dezvoltarea surselor noi de mare și mică putere (respectiv energia nucleară și cea solară, eoliană, a valurilor etc.), are loc o reîntoarcere la combustibilul solid fosil, cărbunele, cu toate inconvenientele lui, atît ca utilizare brută cît și în procese energochimice avînd ca scop final producerea de energie.

În ultimii cinci ani s-a observat o reactivare a interesului pentru utilizarea gazului de cărbune și s-au dezvoltat numeroase tehnologii în acest domeniu, tehnologii care urmăresc randamente chimice cît mai ridicate, deci o utilizare a cărbunelui cît mai bună. Randamente mari ale proceselor de gazeificare au fost obținute în complexe chimice, în care au fost utilizate toate subprodusele care rezultă. În figura 1 se prezintă schema Lurgi de obținere a gazului natural sintetic; se observă că procesul de obținere a gazului natural sintetic (GNS) este însoțit de obținerea de ulei, fenoli, naftene, hidrogen sulfurat, care sînt utilizate

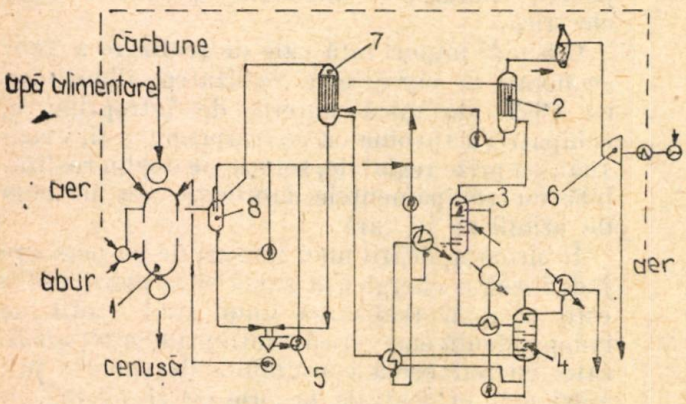


Fig. 1. Schema de gazeificare de tip Lurgi :
1 — gazogen ; *2* — saturator ; *3* — recipient absorbție ; *4* — recipient desorbție ; *5* — grup recuperare combustibil ; *6* — turbină cu gaze ; *7* — răcitor gaz ; *8* — separator gaz.

mai departe. Procesul Lurgi permite obținerea de gaze în cantități mari, după cum rezultă din diagrama din figura 2, obținută în urma încercărilor efectuate asupra a 59 de probe de cărbune diferite. Caracteristic procesului de gazeificare de tip Lurgi este faptul că această gazeificare se face sub presiune și la o temperatură de circa 760—871°C.

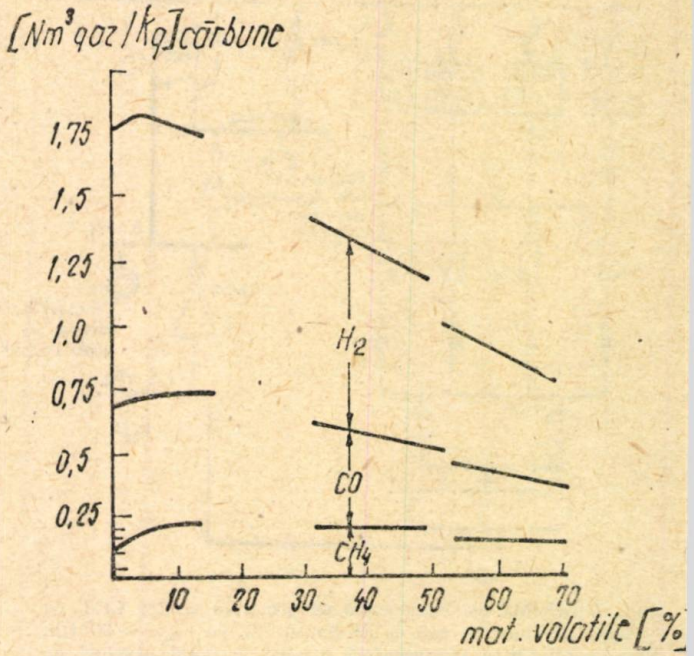


Fig. 2. Componența gazului rezultat în proces de gazeificare de tip Lurgi.

Sistemul Higas este alt sistem de producere a gazului din cărbune. El a fost dezvoltat de către Institute of Gas Technology — Chicago și are drept scop obținerea de gaz de înaltă presiune, lucru ce poate fi realizat în două scheme (fig. 3 și 4). Caracteristic acestor scheme este faptul că se obține gaz cu putere calorifică ridicată.

Un alt proces de producere a gazului de cărbune cu putere calorifică ridicată este procesul de tip HYDRANE, care este cel mai promițător, întrucît poate utiliza șist bituminos. Schema acestui tip de proces este prezentată în figura 5 și se bazează pe gazeificarea cărbunelui cu H_2. Este de reamintit faptul că există o mare deosebire între gazeificarea cu H_2 și obținerea gazului sintetic utilizînd oxigen și apă ca în schemele anterioare, deosebiri cunoscute.

Mai există desigur și alte procedee (SYNTHANE, BY-GAS, CO_2, gazeificare în subteran etc.), dar cele prezentate sînt cele mai reprezentative.

Obținerea gazelor combustibile din cărbune a impus energeticienilor realizarea de scheme în care acesta să fie utilizat drept combustibil în vederea producerii de energie electrică și

*) Dr. ing. Abdulah Nabijovici este inginer proiectant principal la ICSITEEMR — București.

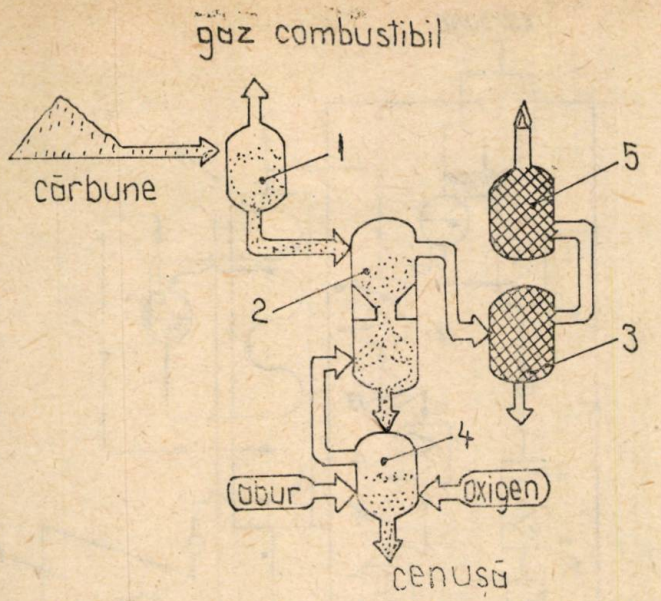


Fig. 3. Schema de gazeificare Hygas 1 (cu oxigen) : *1* — preparator combustibil ; *2* — hidrogazogen ; *3* — purificator de gaz ; *4* — recuperator ; *5* — vas recuperare metan.

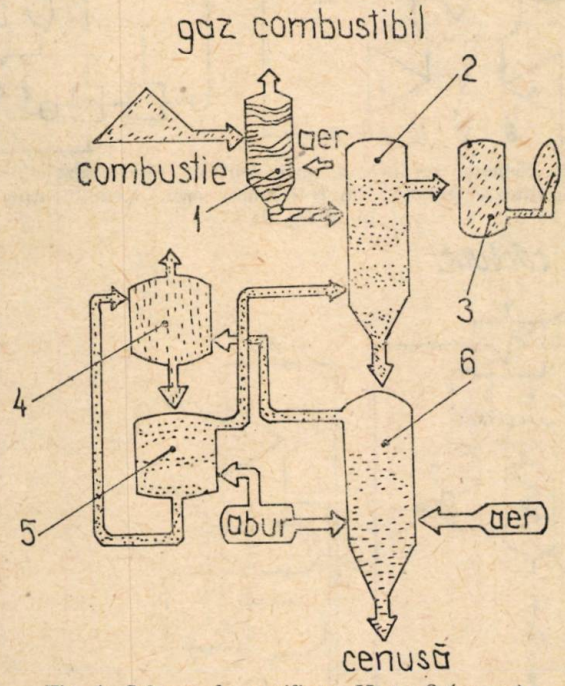


Fig. 4. Schema de gazeificare Hygas 2 (cu aer) : *1* — preparator combustibil ; *2* — hidrogazogen ; *3* — purificator gaz ; *4* — recipient reducere ; *5* — recipient oxidare ; *6* — recuperator.

termică. De regulă, aceste scheme sînt scheme de cicluri mixte gaze-abur, care urmăresc utilizarea totală a energiei potențiale și chimice a gazului astfel obținut. În figurile 6, 7, 8 și 9 se prezintă scheme de cicluri mixte avînd integrate instalații de gazeificare a cărbunelui. În aceste scheme procesul de gazeificare este tratat numai sub aspectul rezultantei — gazul de sinteză — , el putînd fi realizat în diverse scheme în care fluxul cărbune, aer, abur poate

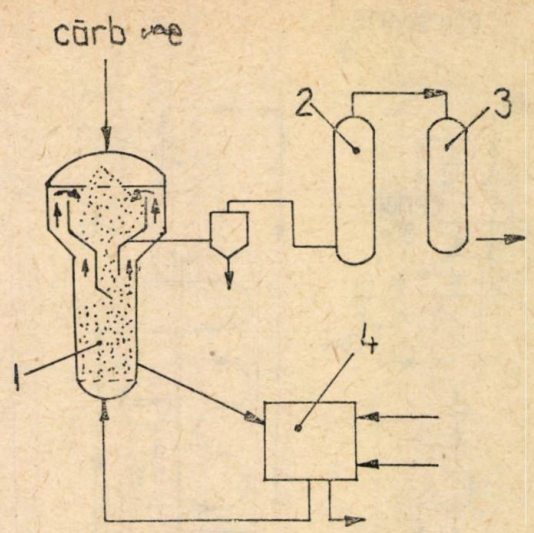


Fig. 5. Schema de gazeificare tip HYDRANE : *1* — gazogen ; *2* — purificator gaz ; *3* — metanizat ; *4* — instalație hidrogen.

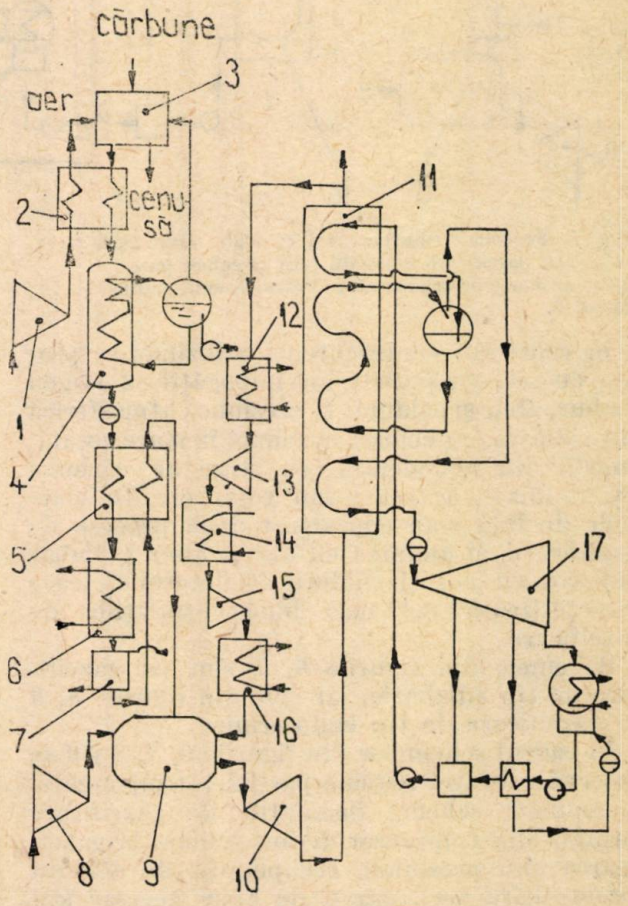


Fig. 6. Schema termică a unei centrale mixte gaze-abur cu gazeificare adiabată cu recirculare gaze : *1* — compresor aer gazeificare ; *2* — recuperator ; *3* — gazogen ; *4* — cazan de abur gazeificare ; *5* — recuperator ; *6* — răcitor gaz ; *7* — instalație curățire gaz ; *8* — compresor aer ciclu gaz ; *9* — cameră de ardere ; *10* — turbină cu gaze ; *11* — cazan de abur recuperator ; *12* — răcitor gaz ; *13* — compresor gaz ; *14* — răcitor gaz ; *15* — compresor gaz ; *16* — răcitor gaz ; *17* — circuitul de abur al ciclului combinat.

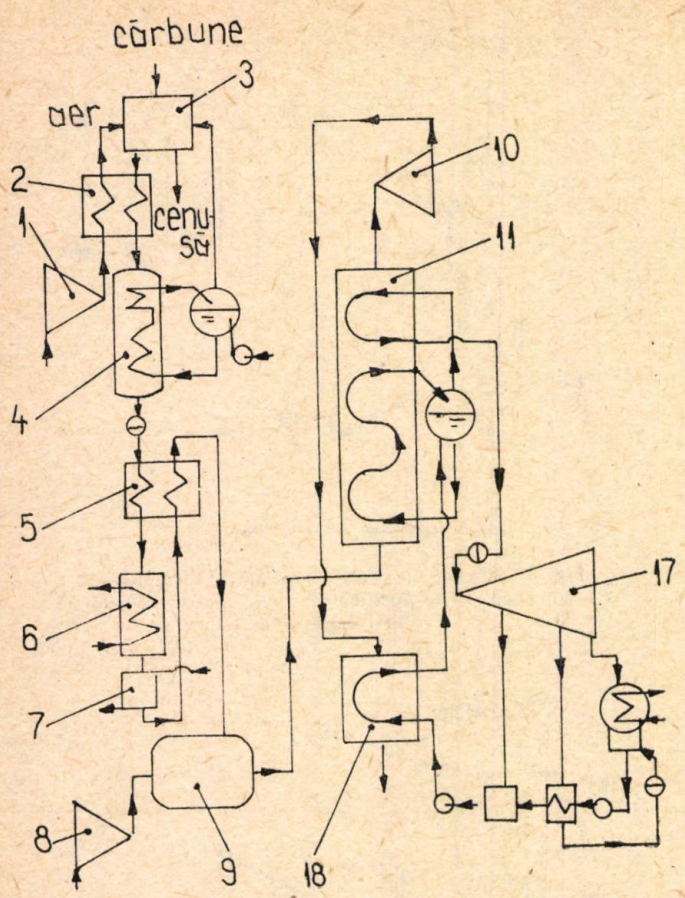


Fig. 7. Schema termică a unei centrale mixte gaze-abur cu gazeificare adiabată fără circulare gaze : *18* — economizor recuperator ; restul semnificațiilor ca în figura 6.

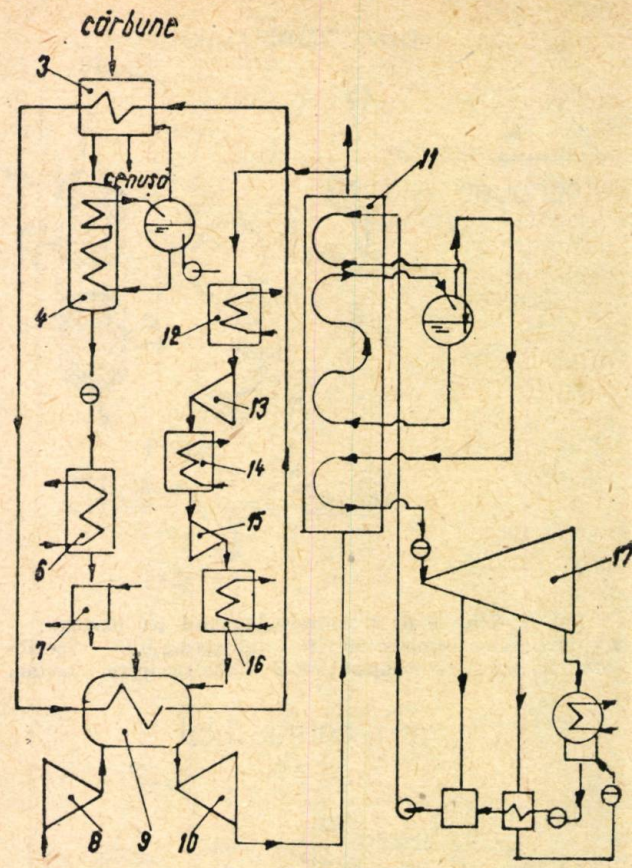


Fig. 8. Schema termică a unei centrale mixte gaze-abur cu gazeificare izotermă cu recirculare gaze (semnificațiile ca în fig. 6).

fi în echi- sau contracurent, utilizîndu-se procese cu aer, aer și abur, aer îmbogățit cu oxigen și abur, abur și căldură, la presiunea atmosferică sau ridicată, cu cenușa evacuată în stare uscată, umedă sau aglomerată, cu strat de cărbune fix, fluidizat, antrenat sau topit etc. În schemele de față s-au considerat două procese de gazeificare, și anume : cu aer și abur (adiabatic) sau cu aer și căldură (endotermic), care caracterizează cel mai bine instalațiile de gazeificare.

Schemele din figurile 6, 7 sînt cu gazeificare de tip adiabatic, iar cele din figurile 8, 9 cu gazeificare de tip endotermic.

În cadrul schemelor din figurile 6, 7, 8 și 9 se observă cele trei sisteme parțiale, componente, și anume : schema instalației de gazeificare formată din compresor de aer (numai la gazeificarea sub presiune), recuperator de căldură (preîncălzire aer), cazan de abur necesar sistemului de gazeificare (de tipul cazan recuperator), un alt recuperator de căldură (gaz-gaz), instalație de curățire a gazului de sinteză, precum și două scheme componente ale ciclu-

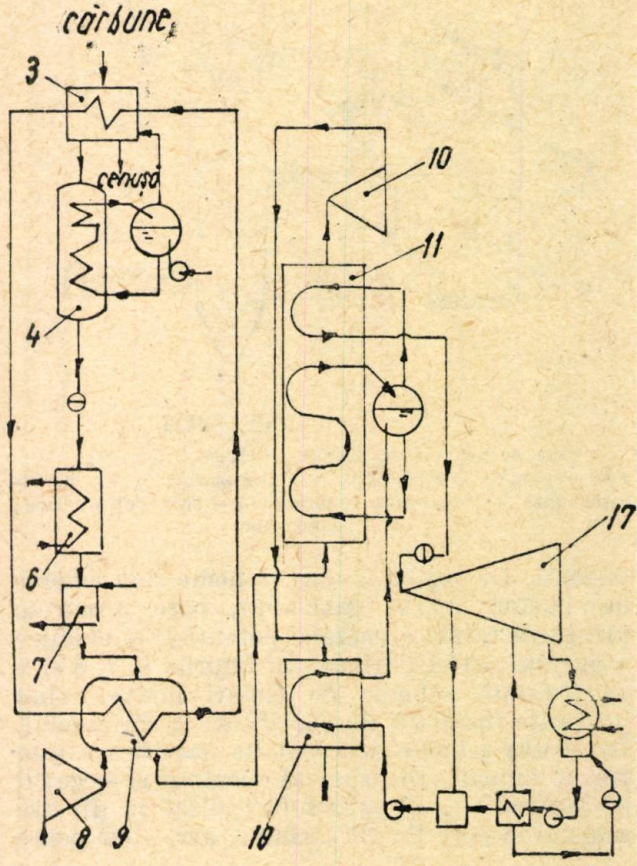


Fig. 9. Schema termică a unei centrale mixte gaze-abur cu gazeificare izotermă fără recirculare gaze (semnificațiile ca în fig. 6).

lui energetic mixt circuitul de gaze, care include: compresor de aer, cameră de combustie gaz de sinteză, turbină cu gaz, recuperatoare intermediare pentru amestecul aer-gaze recirculat, în final circuitul de abur cuprinzînd cazanul recuperator și turbina cu abur cu circuitul ei regenerativ.

Schemele din figurile 8 și 9 se deosebesc numai prin modul de realizare a gazeificării cărbunelui, în rest fiind asemănătoare. Se remarcă totuși între schemele din figurile 6 și 7, precum și între cele din figurile 8 și 9 diferențe în ceea ce privește modul de amplasare a turbinei de gaze, o dată înaintea cazanului recuperator din circuitul energetic cu abur, o dată după acesta, primele scheme avînd o recirculație de gaze (fig. 6,8), iar celelalte nu (fig. 7 și 9). Realizarea acestor scheme a fost astfel făcută, încît să acopere, dacă nu toate posibilitățile de realizare, atunci cît mai multe dintre acestea.

Studierea acestor scheme s-a făcut [4] în mod treptat, evidențiindu-se toate posibilitățile lor de îmbunătățire, pînă în etapa schemă definitivă. Astfel, din punctul de vedere al randamentului, s-au analizat valorile pentru randamentele generale ale instalației în următoarele situații:

— cu și fără introducerea sistemului regenerativ în circuitul energetic cu abur (cu evidențierea efectului introducerii acestora asupra circuitului cu abur), rezultatele fiind prezentate în tabelul 1;

— cu și fără răcirea intermediară a compresorului utilizat în circuitul energetic de gaze

Tabelul 1

Variația randamentului total și a circuitului de abur, funcție de introducerea circuitului regenerativ

	Randamentul în schema din figura, %			
	6	7	8	9
Total centrală:				
— fără sistem regenerator	34,57	29,87	38,63	32,72
— cu sistem regenerator	34,29	29,47	38,32	32,32
Ciclu cu abur:				
— fără sistem regenerator	35,02	35,02	35,02	35,02
— cu sistem regenerator	37,88	37,88	37,88	37,88

(cu evidențierea efectului asupra consumului specific al ciclului de gaze), rezultatele fiind prezentate grafic în tabelul 2;

— cu și fără curățirea gazului de sinteză în sistemul de curățire (cu randament 80%) rezultatele fiind prezentate în tabelul 3;

— cu recirculare de gaze în circuitul energetic de turbine cu gaze în schemele 7 și 9, efectul fiind arătat în figura 10.

Tabelul 2

Variația randamentului funcție de răcirea intermediară în ciclul cu turbină cu gaze

	Randamentul sau consumul specific, % (respectiv kJ) în schema din figura			
	6	7	8	9
Total centrală:				
— cu răcitor	34,29	29,47	38,32	32,32
— fără răcitor	32,75	28,74	36,48	31,19
Lucru net dezvoltat:				
— cu răcitor	5,114	4,396	3,614	2,071
— fără răcitor	4,884	4,287	3,566	2,259

Tabelul 3

Variația randamentului cu introducerea de regenerator după sistemul de curățire

	Randamentul în schema din figura, %			
	6	7	8	9
Randamentul centralei cu regenerator	34,29	29,47	38,32	32,32
Fără regenerator	41,53	36,04	40,04	31,17

În schemele definitive s-a urmărit pentru fiecare schemă dependența randamentului de trei factori, și anume: temperatura de gazeificare, presiunea gazului în circuitul turbinei cu

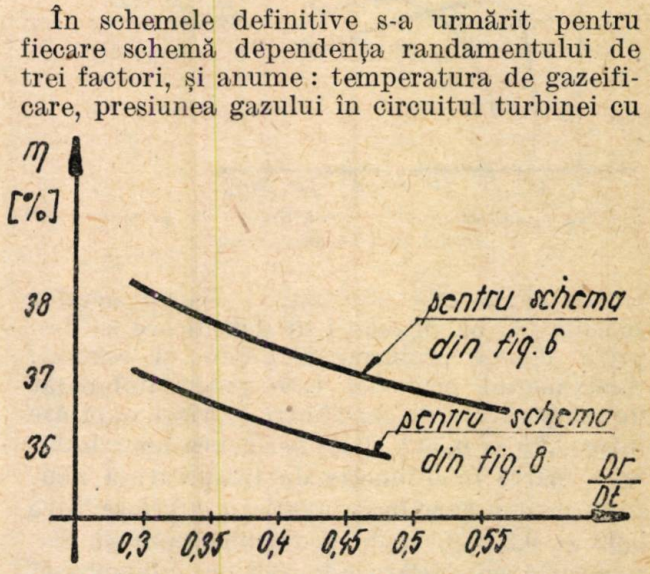


Fig. 10. Influența recirculării gazelor în ciclul cu turbină cu gaze asupra randamentului centralei: *Dr* — debit recirculat; *Dt* — debit total.

gaze, temperatura aburului utilizat la gazeificare, aceste dependențe fiind arătate grafic în figurile 11, 12 și 13.

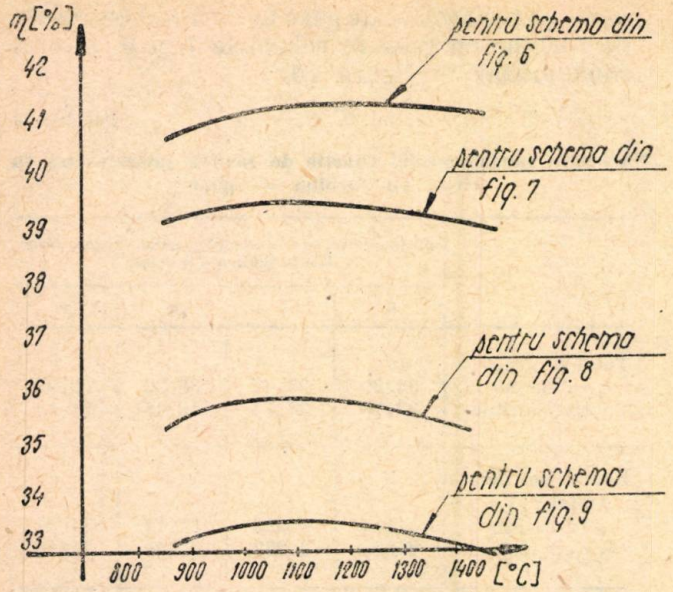


Fig. 11. Randamentul centralei funcție de temperatura de gazeificare.

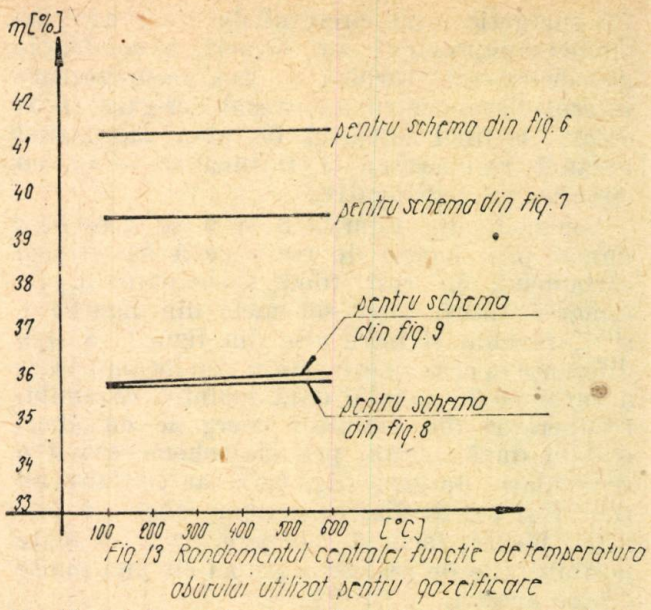


Fig. 13. Randamentul centralei funcție de temperatura aburului utilizat pentru gazeificare.

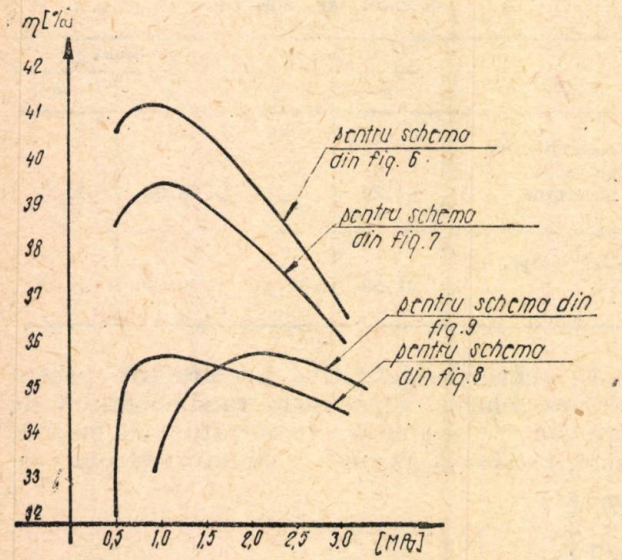


Fig. 12. Randamentul centralei funcție de presiunea din ciclul cu turbină cu gaze.

Din cercetările efectuate în cazul acestor scheme [4] cu instalații de gazeificare se desprind cîteva probleme deosebite, și anume: randamentul centralei este puțin influențat de temperatura de gazeificare (variații cuprinse între 0,09 și 0,56%); de asemenea apar influențe foarte mici funcție de temperatura aburului pentru gazeificare (variații cuprinse între 0,02 și 0,22%), fapt ce demonstrează că sistemul de gazeificare adoptat nu influențează ciclul energetic de producere a energiei electrice, ceea ce nu se poate spune despre presiunea ce se adoptă în schema energetică cu turbină cu gaze, unde variațiile de randament sînt sensibile.

Tabelul 4

Valorile randamentelor globale ale schemelor optime

Denumirea	Randamentul în schema din figura, %			
	6	7	8	9
Randamentul total al centralei	41,26	35,79	39,66	35,93
Randamentul ciclului combinat	43,01	41,83	42,08	44,86

Studierea schemelor în ansamblu, alegînd pentru fiecare tip de schemă parametrii ce permit realizarea celui mai mare randament, a dus la stabilirea unor valori pentru randamentul global al centralei, punîndu-se în evidență și randamentele parțiale, valori prezentate în tabelul 4, de unde se observă că schema cea mai eficientă este cea din figura 6, care, deși din punctul de vedere al randamentului instalației energetice nu are valoarea cea mai mare, are randamentul global cel mai ridicat datorită recuperărilor ce se efectuează în ciclu.

Compararea rezultatelor obținute, utilizînd aceste scheme cu randamentele unei centrale clasice pe combustibil convențional, cărbune de același tip cu cel utilizat pentru gazogen, a dus la unele concluzii. Astfel, calculele efectuate pentru schema clasică echivalentă cu cea din figura 6, utilizînd aceeași cantitate de combustibil, a condus [5] la obținerea unui randament de 37,5%, fără a se ține seama de electrofiltre, sau de 35%, avînd în vedere consumul acestor electrofiltre, care, comparativ

cu randamentul de 36,67% obținut în schema cu gazogen (cu aceleași „calități" finale ale gazelor de ardere), arată că acesta este sensibil mai bun. Randamentul schemei din figura 1 este mai bun decît cel al unei centrale nucleare ce utilizează aceeași cantitate de căldură care [5] ar avea randamentul de circa 33%, sau, comparînd consumurile specifice de căldură antecalculate, se vede că pentru schema din figura 6 consumul ar fi de 9800 kJ/kWh, în timp ce pentru o centrală nucleară acesta ar fi de 10 846 kJ/kWh.

Se remarcă faptul că performanțe mai ridicate se obțin atunci cînd ponderea o are ciclul cu gaz (fapt ce reiese și din analiza graficelor din figura 12 — schema 6 în raport cu 7), dar aceasta implică măsuri speciale contra poluării — recircularea gazului care influențează negativ performanțele (fig. 10). Totodată se observă că orice îmbunătățire a ciclului de abur (recuperări de căldură, preîncălzirea apei) are efecte nefavorabile asupra ciclului combinat.

Perspectivele de utilizare a unor astfel de cicluri au devenit reale, datorită faptului că permit valorificarea superioară a cărbunelui și se așteaptă noi progrese și perfecționări, atît în domeniul gazeificării, cît și al ciclurilor mixte. Din punctul de vedere al tehnologiilor utilizate, se remarcă faptul că nu apar probleme deosebite.

Un prim pas în acest domeniu în țară la noi a fost realizarea primelor proiecte de gazogen pentru gazeificarea lignitului, urmînd ca în continuare această filieră să fie în atenția energeticienilor.

Bibliografie

[1] Rudolph, P. H. F. — *The Lurgi process for coal gasification.* În: Energy Technology Handbook, pag. 1 — 189, 1 — 200. Mc Graw-Hill Co., 1980.

[2] Huebler, I. și Schora, F. C. *The Hygas coal gasification process.* În: Energy Technology Handbook, pag. 1 —201, 1 — 211. Mc Graw-Hill Co., 1980.

[3] Gray, A., Feldman, J. și Herman, F. *Production of High-Btu gas by the Hydrane process.* În: Energy Technology Handbook, pag. 1 — 223, 1 — 231, Mc Graw-Hill Co., 1980.

[4] Stasa, F. L. și Osterle, F. *The thermodynamic performance of two combined cicle power plants integrated with two coal gasification systems.* În: Transaction of the ASME, vol. 103, iulie 1981, pag. 572—581.

[5] Osterle, J. F. ș. a. *Pressurized Gasification Systems Coupled to Combined Steam-Fas Power Cycles for the Generation of Clean Electric Power from Pennsylvania Coal.* Final Report Prepared for the Pennsylvania Science and Engineering Foundation under Agreement No. 241, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, July 1975.

(Articol intrat în redacție la 26 aprilie 1982

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Cercetări experimentale privind pierderile de presiune la intrarea gazelor de ardere în coșul de fum

Prof. dr. ing. **C. Ungureanu**
asist. ing. **M. Nagi**
ing. **I. Goleșteanu**
ing. **M. Ionescu***)

Introducere

În contextul actualei crize energetice cu care se confruntă întreaga omenire, gospodărirea în modul cel mai rațional a resurselor energetice de orice formă, eliminarea oricărei risipe și reducerea la minimum din punct de vedere tehnic și economic a consumurilor specifice de energie reprezintă o sarcină deosebită a energeticienilor din țara noastră.

În multitudinea consumatorilor de energie se înscriu și instalațiile de insuflare și tiraj, care asigură introducerea în focar a aerului necesar arderii, circulația gazelor de ardere în canalele generatoarelor de abur și evacuarea lor prin coșul de fum. Proiectarea rațională a instalațiilor de insuflare și tiraj presupune cunoașterea cît mai exactă a pierderilor de presiune, mai ales a celor locale, care se produc la circulația fluidelor de lucru.

Deși literatura de specialitate [1] — [5] pune la dispoziția proiectanților un număr foarte mare de diagrame, relații empirice și valori numerice pentru stabilirea coeficienților de pierdere a presiunii ζ în cazul unor canale cu o configurație geometrică des întîlnită (conducte cu diverse secțiuni, coturi, teuri, confuzoare și difuzoare de formă conică sau piramidală dreaptă etc.), totuși în proiectare se resimte lipsa unor date mai precise privind valorile coeficienților de pierdere a presiunii la curgerea fluidelor prin anumite tronsoane cu forme speciale, cum ar fi difuzoarele, piesele de trecere și confuzoarele piramidale cu unghiuri de divergență inegale sau ansambluri formate din asemenea tronsoane cu forme speciale și canale de fum.

Într-o lucrare anterioară [6] s-au prezentat rezultatele cercetărilor experimentale privind coeficientul de pierdere a presiunii la curgerea

*) Dr. ing. C. Ungureanu și ing. M. Nagi sînt cadre didactice la Institutul politehnic Timișoara, ing. I. Goleșteanu lucrează la uzinele „23 August" — București, iar ing. Marius Ionescu la ISPE București.

aerului prin difuzoare piramidale cu unghiuri de divergență inegale. În prezentul articol se vor expune la început cercetările cu privire la pierderile de presiune la curgerea aerului prin piese de trecere de formă piramidală, cu unghiuri de divergență inegale, iar apoi, la intrarea bilaterală a gazelor de ardere în coșul de fum.

1. Determinarea pierderilor de presiune la curgerea aerului prin canale de trecere piramidale, cu unghiuri de divergență inegale

1.1. *Descrierea standului experimental, a metodei de lucru și a regimurilor de funcționare*

Este cunoscut faptul că în construcțiile actuale canalul prin care circulă gazele de ardere de la generatorul de abur la coșul de fum se realizează cu secțiunea de curgere dreptunghiulară, avînd înălțimea b_1 mai mică decît lățimea a_1 (fig. 1), pentru ca forțele de împingere datorite acțiunii vîntului să fie cît mai reduse. Racordarea canalelor de gaze la coșul de fum se face prin intermediul unei piese de formă piramidală cu unghiuri de divergență inegale, denumită „*piesă de trecere*", prin faptul că are secțiunea de intrare (a_1b_1) egală cu secțiunea de ieșire (a_2b_2). Pentru a nu se slăbi prea mult secțiunea de rezistență a coșului de fum, se impune ca înălțimea b_2 a secțiunii de ieșire să fie cît mai mare în comparație cu lățimea a_2, ceea ce pentru cazul studiat presupune ca unghiurile $\alpha/2$ și β să fie cît mai mari, fapt ce determină sporirea pierderilor de presiune.

Pentru a pune în evidență influența acestor unghiuri asupra pierderii de presiune la curgerea aerului, pornind de la condiția egalității secțiunilor de intrare și ieșire, s-au executat 36 de modele experimentale, diferind între ele prin valoarea raportului laturilor secțiunii de intrare ($a_1/b_1 = 4$ și 2,41), prin lungime

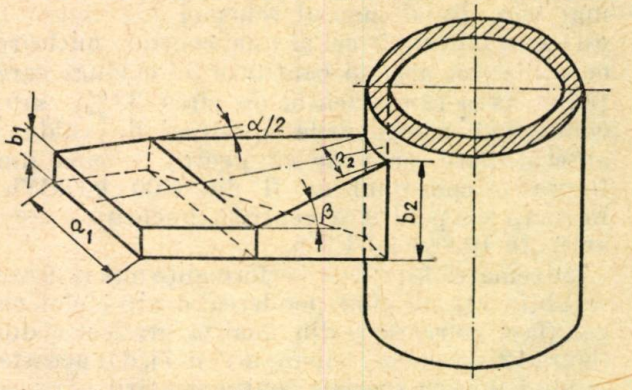


Fig. 1. Schema racordării canalului de gaze de ardere la coșul de fum.

($L = 320$ și 400 mm), prin valorile unghiurilor de convergență ($10° < \alpha < 44°$) și cele ale unghiului de divergență β, care a fost variat din 5° în 5° pînă la valoarea $\beta_{max} = 45°$. Aceste modele au fost încercate pe standul experimental (fig. 2) compus din ventilatoarele V_1 și V_2, legate în paralel și canalul de aer format din șapte tronsoane ($T_1, \ldots, T_7$), dintre care T_6 reprezintă chiar piesa de trecere încercată. Tronsonul T_1 cuprinde grătarele G_u, pentru uniformizarea curentului de aer în secțiunea transversală a canalului, tronsoanele T_2 și T_3, prevăzute cu placa amovibilă P și respectiv cu peretele mobil P_m, oferă posibilitatea lărgirii gamei variantelor încercate, tronsonul T_4 este o piesă de trecere care permite reducerea înălțimii canalului și a creșterii lățimii acestuia, tronsonul T_5, de secțiune dreptunghiulară, folosește pentru o mai bună uniformizare și

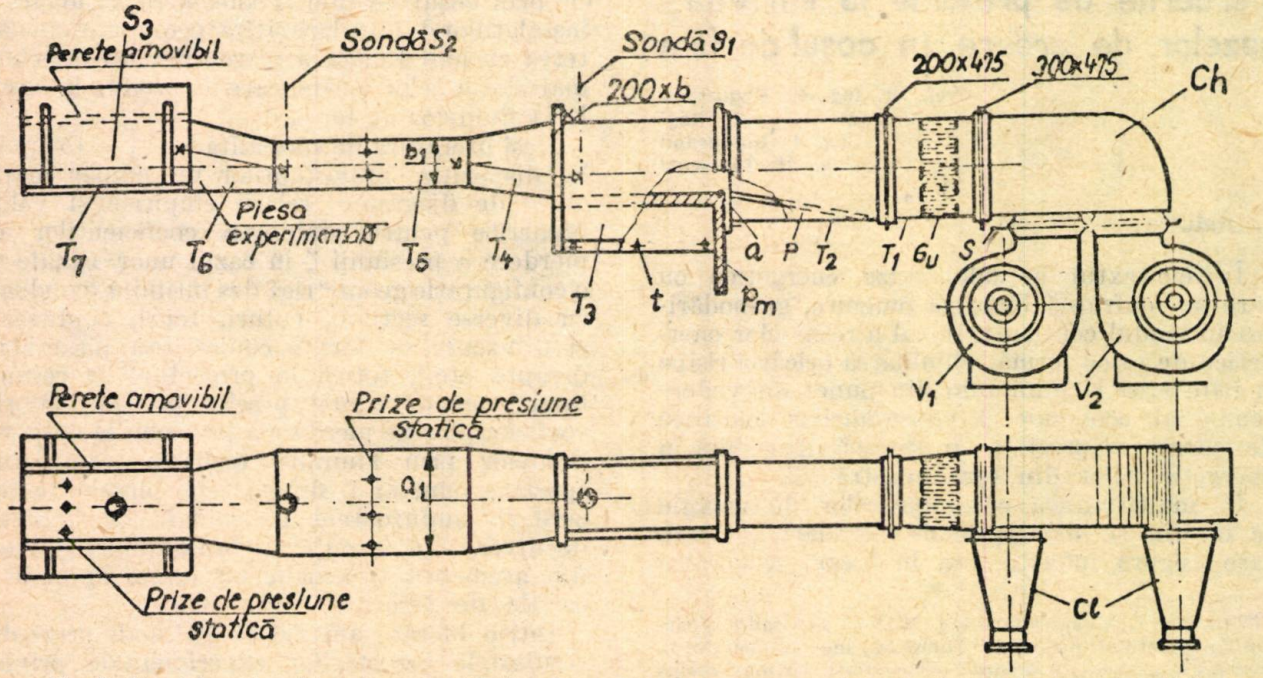


Fig. 2. Standul pentru determinarea pierderilor de presiune la curgerea aerului prin piese de trecere piramidale.

stabilizare a curgerii, iar ultimul tronson T_7, este un canal de secțiune tot dreptunghiulară, cu doi pereți amovibili, care permit să se realizeze o secțiune de curgere egală cu secțiunea de ieșire a piesei de trecere ce se încearcă.

Pe standul experimental s-a montat aparatura de măsură necesară determinării debitului de aer, vitezelor, presiunii dinamice, presiunii statice, temperaturii aerului etc.

Etalonarea standului s-a făcut prin măsurarea debitului de aer cu ajutorul ajutajelor tip lemniscată dispuse pe aspirația ventilatoarelor, respectiv cu ajutorul unui tub Pitot-Prandtl montat pe un dispozitiv de translație în coordonate, care a permis măsurarea presiunii dinamice în 86 de puncte plasate în secțiunea de ieșire a tronsonului final T_7.

Comparînd valorile debitelor obținute pentru diferite sarcini ale ventilatoarelor, s-a stabilit că viteza medie w_1 în secțiunea de integrare a piesei de trecere încercate se poate obține din relația :

$$w_1 = 1{,}1201 \sqrt{\frac{p_{d1}}{\rho_1}}, \qquad (1)$$

în care :

ρ_1 este densitatea aerului, kg/m³ ;
p_{d1} — presiunea dinamică maximă în secțiunea de intrare a piesei de trecere, N/m².

În timpul măsurătorilor pentru fiecare variantă constructivă a pieselor de trecere s-a modificat viteza de intrare w_1 a aerului între 4 și 14 m/s, ceea ce a corespuns unei variații $\mathrm{Re}_1 = 4.10^4 - 21{,}1 \cdot 10^4$.

Variația de presiune statică a curentului de aer, înainte și după piesa de trecere încercată, s-a determinat cu ajutorul unui micromanometru cu braț înclinat și s-a verificat cu ajutorul unui micromanometru Ascania legat în paralel. Prizele de presiune statică (PS_1 și PS_2) au fost dispuse în tronsoanele T_5 și T_7 ale standului, în zone în care curentul de aer prezintă o curgere stabilizată. În fiecare dintre aceste secțiuni s-au prevăzut cîte opt prize legate la cîte un colector comun, care, la rîndul lor, au fost racordate la micromanometrul diferențial.

1.2. *Rezultatele experimentale*

Coeficientul de rezistență locală s-a calculat cu relația :

$$\varsigma = \frac{\Delta p_p}{\frac{\rho_1 \overline{w}_1^2}{2}}, \qquad (2)$$

unde Δp_p reprezintă căderea de presiune la curgerea aerului prin piesa de trecere rezultată din ecuația Bernoulli, scrisă pentru secțiunea de intrare și de ieșire a piesei de trecere :

$$p_{st_1} + \frac{\rho_1 \overline{w}_1^2}{2} = p_{st_2} + \frac{\rho_2 \overline{w}_2^2}{2} + \Delta p_p, \qquad (3)$$

în care se ține seama că

$$\frac{\rho_1 \overline{w}_1^2}{2} = \frac{\rho_2 \overline{w}_2^2}{2}$$

și deci

$$\Delta p_p = p_{st_1} - p_{st_2} \qquad [\mathrm{N/m^2}] \qquad (4)$$

Reprezentarea grafică a dependenței

$$\zeta = \mathrm{f}(\mathrm{Re}_1) \qquad (5)$$

pentru una dintre piesele de trecere (aleasă la întîmplare cu dimensiunile $a_1 = 400$ mm, $b_1 = 165$ mm, $a_2 = 300$ mm, $b_2 = 196$ mm, $\alpha/2 = 9°$, $\beta = 10°$ și $L = 320$ mm) este redată în figura 3. Punctele experimentale se plasează în jurul unei drepte orizontale, ceea ce înseamnă că, pentru condițiile de experimentare precizate mai înainte, coeficientul de rezistență locală ρ are o valoare constantă (bineînțeles diferită de la o piesă de trecere la alta) în intervalul de variație a numărului Reynolds cuprins între 4.10^4 și $2{,}1.10^5$.

Pentru a pune în evidență influența unghiului de divergență β asupra coeficientului de rezistență locală, în figura 4 s-a reprezentat dependența :

$$\zeta = f(\mathrm{Re}_1, \beta) \qquad (6)$$

pentru întregul lot de piese de trecere încercate, din care se constată că pentru $\mathrm{Re}_1 =$ const. valoarea lui ς crește odată cu β, lucru de altfel explicabil prin turbioanele formate și desprinderile de la pereți.

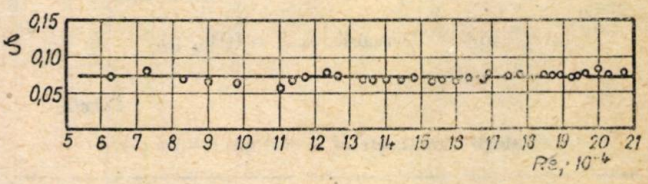


Fig. 3. Dependența $\zeta = \mathrm{f}(\mathrm{Re}_1)$.

Reunind rezultatele cercetărilor într-o diagramă logaritmică (fig. 5), punctele experimentale se grupează în jurul unor drepte, ceea ce permite scrierea ecuației acestora sub forma :

$$\zeta = k^n \qquad (7)$$

Valorile lui k și n sînt cuprinse în tabelul 1.

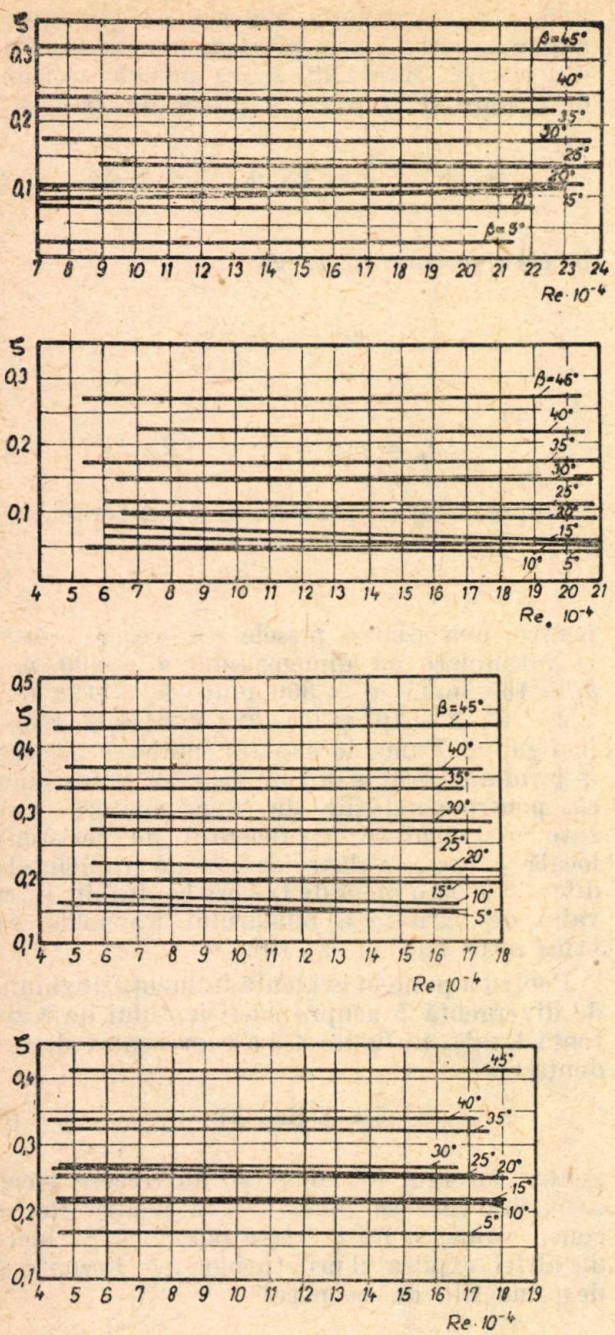


Fig. 4. Dependența $\zeta = f(Re_1, \beta)$.

Tabelul 1

Valorile constantelor k și n din relația (7)

Domeniul	Intervalul de valabilitate	$\frac{a_1}{b_1}$	k	n
A	$20° \leqslant \beta \leqslant 45°$	4,0	$2,8.10^{-3}$	1,2
B	$5° \leqslant \beta \leqslant 20°$	4,0	0,01	0,78
C	$20° \leqslant \beta \leqslant 45°$	2,41	0,02	0,8
D	$5° \leqslant \beta \leqslant 45°$	2,41	0,12	0,2

1.3. *Condiții de aplicabilitate a rezultatelor*

Aplicarea rezultatelor cercetărilor obținute pe modele la tronsoanele reale ale canalelor prin care circulă gaze de ardere sau aer, necesită respectarea legilor similitudinii mecanice,

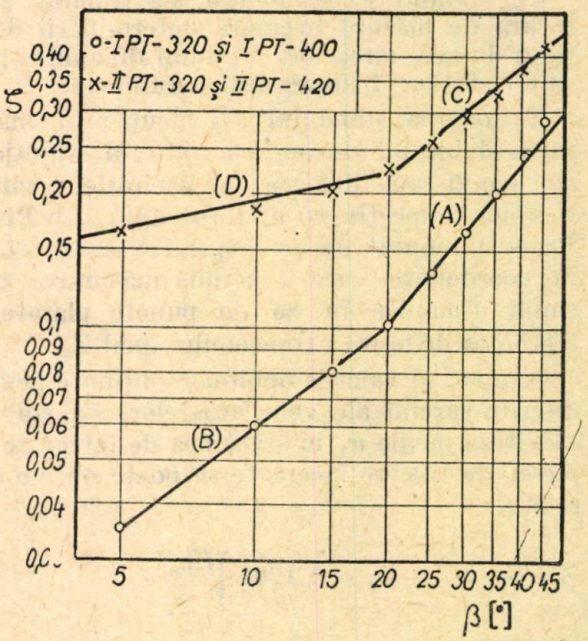


Fig. 5. Dependența $\zeta = f(\beta$ și $a_1/b_1)$.

care formulează condițiile în care se realizează mișcări asemenea în sisteme geometrice asemenea. În acest context, alegîndu-se o configurație a pieselor de trecere și a canalelor care le preced identică cu aceea a unuia dintre modelele studiate, este necesar să se respecte condiția Re = const., din care rezultă:

$$\frac{w_o}{w_M} = \frac{d_{hM}}{d_{ho}} \frac{\nu_o}{\nu_M},$$

în care indicele M se referă la model, iar indicele M se referă la model, iar indicele o se referă la original.

Pentru Re = const. între rezistența hidraulică a modelului și originalului trebuie să existe relația:

$$\frac{\Delta p_M}{\Delta p_o} = \frac{\rho_M w_M}{\rho_o w_o}$$

Se observă că există posibilitatea principală de modelare cînd $Re_M < Re_o$. Aceasta nu decurge din teoria asemănării, ci din experiență, conform căreia în cazul curgerii sub presiune a unui fluid există două domenii de automodelare în care distribuțiile vitezelor nu depind de numărul Re [1]. Utilizarea acestei observații permite să se mărească simțitor posibilitățile de extindere a sferei de aplicabilitate a rezultatelor experimentale.

2. Determinarea pierderilor de presiune la intrarea bilaterală a gazelor de ardere în coşul de fum

2.1. *Obiectivele cercetării*

Una dintre măsurile de prevenire şi de reducere a gradului de poluare a zonelor din jurul centralelor termice pe cărbune constă în legarea mai multor cazane de abur la un singur coş de fum. Această soluţie permite şi micşorarea preţului instalaţiei, dar ridică o serie de probleme cărora trebuie să li se acorde atenţia cuvenită. Una dintre acestea se referă la numărul canalelor de gaze care se pot racorda la un coş de fum. Deşi teoretic este posibil să se racordeze un număr relativ mare de canale de fum la acelaşi coş, slăbirea secţiunii de rezistenţă a coşului de fum, precum şi complicaţiile de ordin constructiv care survin, plafonează numărul acestor canale. În practică se folosesc, de regulă, soluţii cu două canale de fum legate faţă în faţă la acelaşi coş.

Despre forma piesei de trecere, care leagă canalele de gaze cu coşul de fum, s-a vorbit mai sus. Se pune problema cît de mare să fie unghiul γ, făcut de axa canalelor de gaze cu axa coşului de fum, dacă este necesară sau nu o diafragmă care să separe jeturile de gaze de ardere ce debuşează în coşul de fum prin două orificii dispuse faţă în faţă, care sînt înălţimea şi poziţia optimă a acesteia în coşul de fum, dacă sînt sau nu necesare deflectoare în secţiunea de intrare în coş, care este structura curentului şi care sînt pierderile de presiune la intrarea gazelor de ardere în coşul de fum.

În cele ce urmează se va încerca să se dea răspuns numai la unele dintre aceste întrebări.

2.2. *Descrierea standului pentru studiul pierderilor de presiune la intrarea gazelor de ardere în coşul de fum*

Standul (fig. 6) este compus dintr-un ventilator *5*, cu debitul de 4000 m³/h, care aspiră aer printr-o conductă orizontală *7*, cu diametrul $D = 219$ mm şi lungimea $L = 8200$ mm, avînd rolul „coşului de fum". La această conductă s-au racordat simetric două braţe, dispuse în planul vertical, compuse fiecare dintr-un ajutaj tip lemniscată *1*, şi tip tubulatură *2*, *3*, de formă şi secţiune diferite, avînd rolul canalelor de aducţiune, care leagă generatoarele de abur de coşul de fum. Concepţia standului are în vedere crearea posibilităţii de studiere a pierderilor de presiune în funcţie de mărimea unghiului de intrare γ, al curentului de gaze, a unghiului de divergenţă β, al piesei de trecere, şi a unghiului de rotire α, al diafragmei. Standul mai oferă şi alte posibilităţi de investigare, ca, de exemplu, obturarea totală sau parţială a aspiraţiei pe unul dintre canalele de aducţiune, pentru a simula oprirea sau funcţionarea la sarcină diferită a unui generator de abur. Pentru măsurarea debitului de aer aspirat tubulaturile de aducţiune sînt prevăzute cu ajutaje tip lemniscată, iar pe conducta principală s-a montat o diafragmă *6*. Standul este înzestrat cu

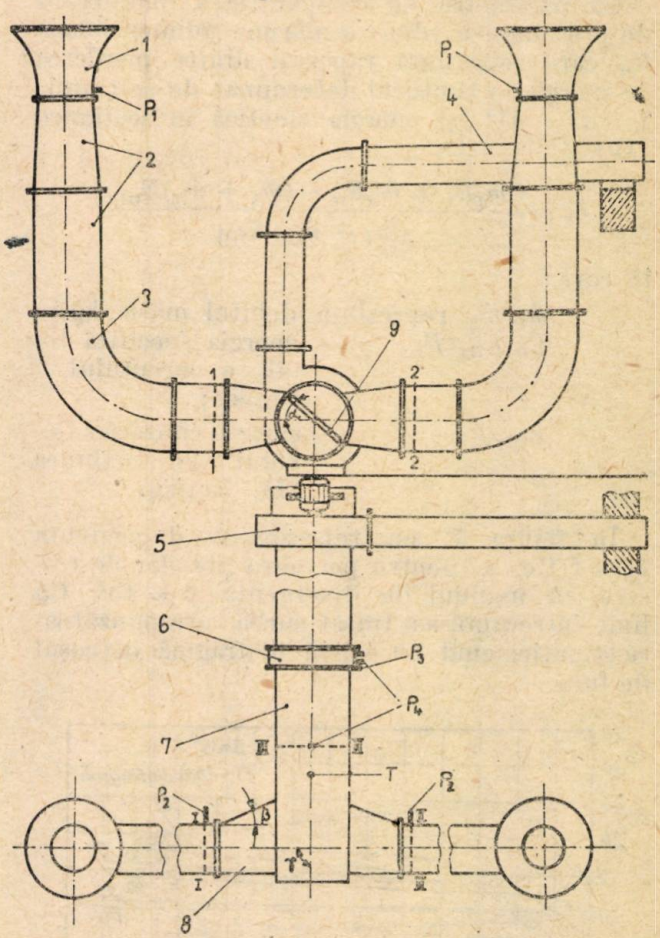


Fig. 6. Stand pentru determinarea pierderilor de presiune la intrarea gazelor de ardere în coşul de fum.

tuburi Pitot-Prandtl, sonde, manometre diferenţiale etc., necesare măsurării presiunii dinamice, statice (fig. 6) şi căderilor (pierderilor) de presiune între diferite secţiuni.

2.3. *Metoda de lucru şi unele rezultate experimetale*

Prima serie de cercetări experimentale a urmărit să pună în evidenţă influenţa prezenţei sau absenţei diafragmei la intrarea în coşul de fum, precum şi poziţia optimă a acesteia. Încercările s-au efectuat pentru patru perechi de piese de trecere ($\beta = 15°$, $25°$, $30°$ şi $35°$), care leagă cele două canale verticale la coşul de fum. Racordarea celor două canale s-a făcut faţă în faţă pentru $\gamma = 90°$.

În timpul încercărilor s-a variat debitul de aer aspirat pentru situaţia cînd lipsea diafragma *9* sau ocupa diferite poziţii caracterizate prin valori ale unghiului $\alpha \in (0° - 90°)$ din $5°$ în $5°$.

Experimentările s-au făcut pentru valori Ma $< 0,2$ şi Re $\in (8 - 34).10^4$, numărul punctelor experimentale fiind de aproape 1000, ceea ce a impus prelucrarea datelor cu ajutorul calculatorului electronic FELIX C-256.

Ca parametru de comparaţie a pierderilor de presiune s-a admis o mărime adimensională δ_p, care reprezintă raportul dintre pierderea de energie în conturul determinat de secţiunile I — II — III şi energia cinetică în secţiunea III:

$$\delta_p = \frac{\dot{m}_1 E_I + \dot{m}_2 E_{II} - (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) E_{III}}{(\dot{m}_1 + \dot{m}_2)\, E_{c_{III}}},$$

în care:

$\dot{m}_1, \dot{m}_2$ reprezintă debitul masic, kg/s;
E_I, E_{II}, E_{III} — energia specifică totală a curentului, Nm/kg;
$E_{c_{III}}$ — energia cinetică a fluxului în secţiunea III, Nm/kg.

În figura 7 s-a reprezentat dependenţa $\delta_p = f(Re, \alpha)$ pentru perechea pieselor de trecere cu unghiul de divergenţă $\beta = 15°$. Cu linie întreruptă s-a trasat curba corespunzătoare situaţiei cînd nu există diafragmă în coşul de fum.

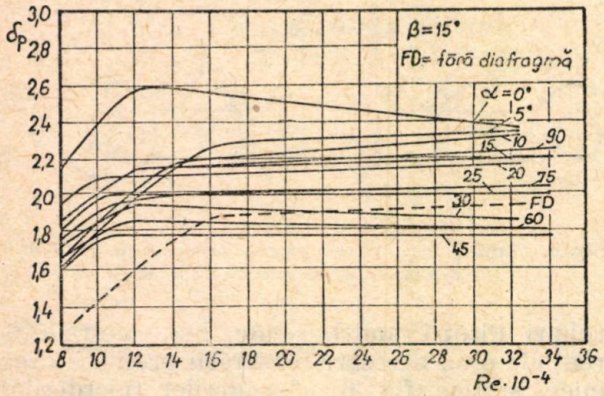


Fig. 7. Dependenţa $\delta_p = f(Re$ şi $\alpha)$.

Se constată că pentru α = const. şi viteze de curgere mici panta curbelor parametrice este destul de abruptă, dar apoi devine nesemnificativă. Rezultate similare au fost obţinute şi pentru piese de trecere cu unghiul de divergenţă $\beta = 25°$ şi $30°$.

Din figura 8, în care s-a reprezentat dependenţa $\delta_p = f(\alpha, Re)$ se observă că pentru Re = =const., există anumite poziţii ale diafragmei pentru care pierderile de presiune sînt mai mici decît în lipsa acesteia. Pentru cazul pieselor de trecere cu $\beta = 15°$ rezultă că poziţia favorabilă de aşezare a peretelui diafragmă este determinată de valori ale unghiului $\alpha = 30 - 60°$.

Pentru aceleaşi condiţii creşterea unghiului de divergenţă β al piesei de trecere conduce la mărirea valorii δ_p, deci a pierderilor de presiune.

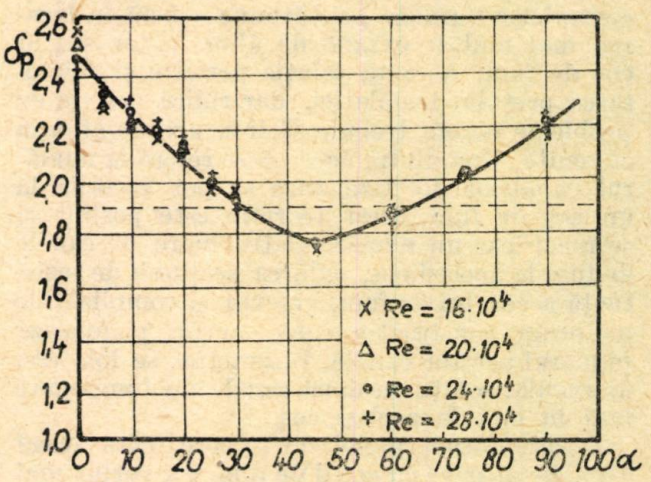


Fig. 8. Dependenţa $\delta_p = f(\alpha)$.

Concluzii

Cercetările efectuate permit aprecierea mai corectă a pierderilor de presiune la curgerea unui gaz prin piese de trecere de formă piramidală, cu unghiuri de divergenţă inegale, sau la intrarea în coşul de fum. Deşi nu s-au cercetat toate aspectele, se poate afirma că prezenţa diafragmei în coşul de fum, dispusă cu un anumit unghi α faţă de direcţia de intrare a curenţilor de gaze, este favorabilă din punctul de vedere al pierderilor de presiune.

Din cercetările făcute pe instalaţia experimentală rezultă că valoarea cea mai potrivită pentru unghiul α se situează în intervalul de $30 - 60°$, valoarea optimă fiind în jur de $45°$.

Bibliografie

[1] Idelcik, I. E. *Spravocinik po ghidravliceskim soprotivleniam.* Maşinostroenie, Moscova, 1975.
[2] * * * *Aerodinamiceskii rasciot kotelnih ustanovok.* Energia, Leningrad, 1977.
[3] * * * *Manualul inginerului termotehnician, vol. I.* Editura tehnică, Bucureşti, 1961.
[4] Aldea, M. ş.a. *Cazane de abur şi recipiente sub presiune, Indrumător.* Editura tehnică, Bucureşti, 1972.
[5] Ungureanu, C. *Generatoare de abur pentru instalaţii energetice clasice şi nucleare.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1977.
[6] Ungureanu, C. ş.a. *Experimentelle Bestimmung der Stömungsverlustbeiwerte bei asymetrichen pyramidenförmingen Diffusorren* În: Bul. şt. şi tehn. IPT, seria Mecanică, fasc. 2, 1979.

(Articol intrat în redacţie la 13 martie 1982)

Estimarea regimului optim al unui sistem electroenergetic

Prof. dr. ing. **E. Potolea** *)

The Estimation of the optimal Regime of an Electric Energy System

(Condensed from the paper in Romanian)

In the first part of the paper an original method for the estimation and optimization of large systems is presented. The mathematical model and the calculation algorithm have a general applicability, which means that the variables can be continuous or discrete, while the objective function and the restrictive functions can be discontinuous but derivative on certain parts.

The second part of the paper contains a practical application example of the method. The calculation program, written in FORTRAN enables an estimation of the optimal regime of the national power system.

In the following, a vector or a column matrix is noted with y. The vector φ, which contains components $\varphi_i \underline{\underline{D}} \varphi_i(y)$ is called a vectorial function. The relation $\varphi_i \underline{\underline{D}} \varphi_i(y)$ is read : φ_i and is by definition function $\varphi_i(y)$.

1. The Mathematical Model

Be it the objective function f, the matricial function φ and the restrictive system :

$$y_{min} \leqslant y \leqslant y_{max}\,; \qquad \varphi_{min} \leqslant \varphi \leqslant \varphi_{max} \tag{1}$$

A vector y which satisfies the restrictions (1) and optimizes (minimizes or maximizes) function f is called *optimal solution*. The calculation of the optimal solution begins with the calculation of an admisible solution.

A vector y which satisfies the restrictions (1) without optimizing the function f is called *admissible solution*. The calculation of an admissible solution begins with the calculation of a basic solution.

In order to define the basis solution the vectors, y, φ are split up :

$$y^T = (x^T, y^T)\,; \qquad \varphi^T = (g^T, h^T) \tag{2}$$

where :

x is the basis variables vector ;
g is the basis functions vector ;
u is the auxiliary variables vector ;
h is the auxiliary functions vector ;
T is the indicator of the transposition operation.

If the vector y contains free components (not subject to restrictions) these must be included into the vector of the basis variables x.

The vectors $\hat{u}$, $\hat{g}$ are thus estimated as to satisfy the restrictions (1) and to form the basis equation :

$$g(x, \hat{u}) = \hat{g} \tag{3}$$

If equation (3) admits the solution $x = \hat{x}$, then the vector $\hat{y} = (\hat{x}, \hat{u})$ is called *basic solution*.

The basic solution $\hat{y}$ is generally not an admissible solution for the restrictions system (1) since the vectors $\hat{x}$ and $\hat{h} = \hat{h}(\hat{x}, \hat{u})$ can violate the restrictions. The limits violated by $\hat{x}_i$, $\hat{h}_i$ are noted X_i, H_i.

*) Institutul politehnic București.

Having the admissible vectors X, H and $\hat{u}$, $\hat{g}$, the optimal solution x, u is estimated by means of the smallest squares methods. In the hypothesis that the minimum of function $f > 0$ is searched, the functions

$$F \underline{\underline{D}} f^2 + (h - H)^T W_h (h - H) + (x - X)^T W_x (x - X)$$

$$\Phi \underline{\underline{D}} F + (g - \hat{g})^T W_g (g - \hat{g}) + (u - \hat{u})^T W_u (u - \hat{u}) \tag{4}$$

are defined. Where F is the basic objective function ;
Φ is the auxiliary objective function ;
W is the diagonal balance matrix.

The basis objective function F includes the terms $W_{hi}(h_i - H_i)^2$ and $W_{xi}(x_i - X_i)^2$ only for the components $\hat{h}_i$, $\hat{x}_i$ which violates the restrictions (1), while the auxiliary objective function Φ includes all terms $W_{gi}(g_i - \hat{g}_i)^2$ and $W_{ui}(u_i - \hat{u}_i)^2$.

The restrictions (1), the basic equation (3) and the objective functions (4) form the mathematical model of the optimization problem treated as an estimation problem.

2. The Model's Solution

The balance coefficients W_{hi}, W_{xi} are chosen from the conditions :

$$W_{hi}\varepsilon_{hi}^2 > 2\varepsilon_f\,; \qquad W_{xi}\varepsilon_{xi}^2 > 2\varepsilon_f \tag{5}$$

where ε_{hi} is the error admitted for h_i ;
ε_{xi} is the error admitted for x_i ;
ε_f is the error admitted for f.

The basis function F optimization is performed in two successive calculation stages : in the first stage the squares deviation sum is annulled while in the second one the objective function f is optimized.

With the balance coefficients from (5) and with solution $\hat{x}$, $\hat{u}$ the gradients $\partial F/\partial x$, $\partial F/\partial u$ are calculated. Annulling the gradients of function Φ from (4) the optimization conditions :

$$\frac{\partial F}{\partial x} + \left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^T \Delta G = 0\,; \quad \frac{\partial F}{\partial u} + \left(\frac{\partial g}{\partial u}\right)^T \Delta G = -\Delta U \tag{6}$$

where : $\Delta G = 2 W_g (g - \hat{g})\,; \; \Delta U = 2 W_u (u - \hat{u})$ (7)

are obtained.

Since there exists a basis solution there exists $(\partial g/\partial x)^{-1}$ From relations (6) the vectors ΔG, ΔU can be calculated which tend towards finite values at the same time with the gradients $\partial F/\partial x$, $\partial F/\partial u$. Consequently, vectors ΔG, ΔU from(6) optimize the vectors g, u from (7) which optimize function F.

The problem to be solved further is the determining of the balance coefficients W_g, W_u from (7), thus as to ensure the convergence towards the optimal solution of vectors g, u.

The coefficients W_{gi}, W_{ui} from the first approximation can be determined from conditions :

$$|\Delta G_i| < 2 W_{gi}(g_{i\,max} - g_{i\,min})$$
$$|\Delta U_i| < 2 W_{ui}(u_{i\,max} - u_{i\,min}) \tag{8}$$

The maximum balance coefficients, selected from (8) are noted W_g, W_u.

At the calculation of electric power systems the special case when the maximal deviations are equal is of interest, i.e. ;

$$g_{i\,max} - g_{i\,min} = \Delta g_{max} \text{ and } u_{i\,max} - u_{i\,min} = \Delta u_{max}$$

The calculation of-coefficients W_g, W_u needs only a choice of the maximal components ΔG_{max}, ΔU_{max} from vectors ΔG, ΔU :

$$2 W_g = \frac{|\Delta G_{max}|}{\Delta g_{max}}\,; \quad 2 W_u = \frac{|\Delta U_{max}|}{\Delta u_{max}} \tag{9}$$

It is considered in relations (7) that all balance coefficients are equal to the maximum values and are expressed by :

$$g = \hat{g} + c_g \Delta G ; \qquad u = \hat{u} + c_u \Delta U \tag{10}$$

where :

$$c_g = \frac{1}{C_u} \frac{\Delta g_{max}}{|\Delta G_{max}|} ; \qquad c_u = \frac{1}{C_u} \frac{\Delta U_{max}}{|\Delta U_{max}|} \tag{11}$$

The relations (10) can be easily interpreted since they are analog to those from the gradient methods. The vectors ΔG, ΔU play the part of the gradients, while c_g, c_u are coefficients for the determination of the step.

The coefficient C_n grows simultaneously with the number of approximations n and he can be generated by the Fibonacci relations or by means of a geometric series.

Within the first approximations the admissions of vectors h, x within the admissible field is achieved so that function F becomes equal to f^2. The successive approximations which follow tend towards the optimal solution if function f is convex and if condition

$$F_{n+1} - F_n \leqslant 2\varepsilon_f \tag{12}$$

is checked up.

If condition (12) is not checked up it means that the gradient step has been too large. One must return to the solution from approximation n and calculate with the next number C_n. If the initial basis solution is the optimal one too, then the Jacobian $\partial g/\partial x$ is calculated only once.

After determining the optimal vectors g, u from (10) the restrictions (1) are checked up and the corrections are carried out : the limits violated by g, u are considered optimal values for g, u. The new values for g, u are further noted $\hat{g}$, $\hat{u}$ and are introduced into the basis equation (3).

The basis equation is solved and the operations cycle is repeated until the convergence test is checked up. :

$$|F_{n+1} - F_n| \leqslant 2\varepsilon_f \tag{13}$$

Redacţia supune acest articol atenţiei cititorilor, în vederea unor eventuale discuţii tehnico-ştiinţifice.

În prima parte a lucrării se expune o metodă originală pentru estimarea şi optimizarea sistemelor mari. Modelul matematic şi algortimul de calcul au aplicabilitate generală, în sensul că variabilele pot fi continue sau discrete, iar funcţia obiectiv şi funcţiile restricţie pot fi discontinue, însă derivabile pe porţiuni.

A doua parte a lucrării constituie un exemplu de aplicare în practică a metodei. Programul de calcul, în limbaj FORTRAN, permite estimarea regimului optim al sistemului electroenergetic naţional.

1. Teoria metodei

În cele ce urmează se notează cu y un vector sau o matrice-coloană. Vectorul φ, care conţine componentele $\varphi_i \overset{D}{=} \varphi_j(y)$, se numeşte vector de funcţii. Relaţia $\varphi_i \overset{D}{=} \varphi_i(y)$ se citeşte : φ_i este prin definiţie funcţia $\varphi_i(y)$.

1.1. *Modelul matematic*

Fie funcţia obiectiv :

$$f \overset{D}{=} f(y) \tag{1}$$

şi sistemul de restricţii

$$y_{min} \leqslant y \leqslant y_{max} \tag{2}$$

$$\varphi_{min} \leqslant \varphi \leqslant \varphi_{max}$$

în care :

$$\varphi \overset{D}{=} \varphi(y) \tag{3}$$

Un vector y care satisface restricţiile (2) şi optimizează (minimizează sau maximizează) funcţia f se numeşte *soluţie optimă*. Calculul soluţiei optime începe cu calculul unei soluţii admisibile.

Un vector y, care satisface restricţiile (2) fără a optimiza funcţia f, se numeşte *soluţie admisibilă*. Calculul unei soluţii admisibile începe cu calculul unei soluţii de bază.

Pentru a defini soluţia de bază se partiţionează vectorii y, φ :

$$y = \left|\frac{x}{u}\right| ; \qquad \varphi = \left|\frac{g}{h}\right| \tag{4}$$

unde

x este vectorul variabilelor de bază ;
g — vectorul funcţiilor de bază ;
u — vectorul variabilelor auxiliare ;
h — vectorul funcţiilor auxiliare.

Dacă vectorul y conţine şi componente libere (nesupuse la restricţii) acestea trebuie incluse în vectorul variabilelor de bază x.

Se estimează vectorii $\hat{u}$, $\hat{g}$, astfel încît să satisfacă restricţiile (2), de exemplu :

$$\hat{u} = \frac{1}{2}(u_{min} + u_{max})$$

$$\hat{g} = \frac{1}{2}(g_{min} + g_{max}) \tag{5}$$

şi se formează ecuaţia de bază :

$$g(x, \hat{u}) = \hat{g} \tag{6}$$

Dacă ecuaţia (6) admite soluţia $x = \hat{x}$ atunci vectorul $\hat{y}$ se numeşte *soluţie de bază*.

Soluţia de bază $\hat{y}$ nu este în general soluţie admisibilă pentru sistemul de restricţii (2), deoarece vectorii $\hat{x}$ şi $\hat{h} = h(\hat{x}, \hat{u})$ pot să violeze restricţiile. Limitele violate de $\hat{x}_i$, $\hat{h}_i$ se notează X_i, H_i.

Dispunînd de vectorii admisibili X, H şi $\hat{u}$, $\hat{g}$ se estimează soluţia optimă x, u cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate. În ipoteza că se caută minimul funcţiei $f > 0$ se definesc funcţiile :

$$F \overset{D}{=} f^2 + (h - H)^T W_h (h - H) + (x - X)^T W_x (x - X)$$

$$\Phi \overset{D}{=} F + (g - \hat{g})^T W_g (g - \hat{g}) + (u - \hat{u})^T W_u (u - \hat{u}) \tag{7}$$

în care

F este funcţia obiectiv de bază ;
Φ — funcţia obiectiv auxiliară ;
W — matrice diagonală de ponderi ;
T — indicator al operaţiei de transpunere.

În cazul general f^2 se înlocuiește cu $(f - f_0)^2$, unde f_0 este estimația în exces a optimului F_0; dacă F_0 este un minim, atunci $f_0 < F_0$, iar dacă F_0 este un maxim atunci $f_0 > F_0$.

Funcția obiectiv de bază F include termenii $W_{hi}(h_i - \hat{h}_i)^2$ și $W_{xi}(x_i - X_i)^2$ numai pentru componentele $\hat{h}_i$, $\hat{x}_i$, care violează restricțiile (2), iar funcția obiectiv auxiliară Φ include toți termenii $W_{gi}(g_i - \hat{g}_i)^2$ și $W_{ui}(u_i - \hat{u}_i)^2$.

Restricțiile (2), ecuația de bază (6) și funcțiile obiectiv (7) formează modelul matematic al problemei de optimizare, tratate ca o problemă de estimare.

1.2. *Soluția modelului*

Procedînd la fel ca în teoria estimației se anulează derivatele parțiale ale funcției auxiliare Φ:

$$2f\frac{\partial f}{\partial x} + 2\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^T W_h(h - H) + \\ + 2\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^T W_g(g - \hat{g}) + 2W_x(x - X) = 0$$

$$2f\frac{\partial f}{\partial u} + 2\left(\frac{\partial h}{\partial u}\right)^T W_h(h - H) + \\ + 2\left(\frac{\partial g}{\partial u}\right)^T W_g(g - \hat{g}) + 2W_u(u - \hat{u}) = 0 \qquad (8)$$

Dacă se aleg coeficienții de pondere la fel ca în teoria estimației și se rezolvă sistemul (8) în raport cu x, u se obține o soluție care minimizează pătratele abaterilor față de f_0 și față de vectorii admisibili X, H, $\hat{u}$, $\hat{g}$.

Există o altă cale de rezolvare a sistemului (8), care duce la optimizarea funcției obiectiv de bază F.

Se aleg coeficienții de pondere W_{hi} W_{xi} din condițiile:

$$W_{hi}\,\varepsilon_{hi}^2 > 2\varepsilon_f; \quad W_{xi}\,\varepsilon_{xi}^2 > 2\varepsilon_f \qquad (9)$$

în care:

ε_{hi} este eroarea admisă pentru h_i;
ε_{xi} — eroarea admisă pentru x_i.

Optimizarea funcției de bază F se efectuează în două etape succesive de calcul: în prima etapă se anulează suma pătratelor abaterilor, iar în a doua etapă se optimizează funcția obiectiv f.

Cu coeficienții de pondere din (9) și cu soluția $\hat{x}$, $\hat{u}$ se calculează gradienții funcției F:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 2f\frac{\partial f}{\partial x} + 2\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^T W_h(\hat{h} - H) + 2W_x(\hat{x} - X)$$

$$\frac{\partial F}{\partial u} = 2f\frac{\partial f}{\partial u} + 2\left(\frac{\partial h}{\partial u}\right)^T W_u(\hat{h} - H) \qquad (10)$$

Introducînd (10) în (8) rezultă:

$$\frac{\partial F}{\partial x} + \left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^T \Delta G = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial u} + \left(\frac{\partial g}{\partial u}\right)^T \Delta G = -\Delta U \qquad (11)$$

unde:

$$\Delta G = 2W_g(g - \hat{g})$$

$$\Delta U = 2W_u(u - \hat{u}) \qquad (12)$$

Deoarece există soluție de bază există $(\partial g/\partial x)^{-1}$. Din relațiile (11) se pot calcula vectorii ΔG, ΔU, care tind către valori finite odată cu gradienții $\partial F/\partial x$, $\partial F/\partial u$. În consecință vectorii ΔG, ΔU din (11) optimizează vectorii g, u din (12), care optimizează funcția F.

Restricțiile (2), ecuația de bază (6) și relațiile (10), (11), (12), formează modelul matematic pentru calculul soluției optime. Modelul matematic este general, în sensul că funcția obiectiv f poate fi liniară sau neliniară, iar restricțiile asupra funcțiilor g, h pot fi de egalitate sau de inegalitate.

Relațiile (11), (12) generalizează metoda lui Lagrange și a gradientului. Vectorul ΔG este analog cu vectorul λ din metoda Lagrange, iar $-\Delta U$ este gradientul $\Delta_u F$.

Problema care trebuie rezolvată în continuare constă în determinarea coeficienților de pondere W_g, W_u din (12), astfel încît să se asigure convergența către soluția optimă a vectorilor g, u.

Coeficienții W_{gi}, W_{ui} din prima aproximație se determină din condițiile:

$$|\Delta G_i| < 2W_{gi}\,(g_{i\,max} - g_{i\,min})$$

$$|\Delta U_i| < 2W_{ui}(u_{i\,max} - u_{i\,min}) \qquad (13)$$

Se notează cu W_g, W_u coeficienții maximi de pondere, care se selectează din (13):

$$2W_g = MAX\frac{|\Delta G_i|}{g_{i\,max} - g_{i\,min}}$$

$$2W_u = MAX\frac{\Delta U_i}{u_{i\,max} - u_{i\,min}} \qquad (14)$$

La calculul sistemelor electroenergetice interesează cazul particular cînd abaterile maxime sînt egale, adică

$$g_{i\,max} - g_{i\,min} = \Delta g_{max} \text{ și } u_{i\,max} - u_{i\,min} = \Delta u_{max}.$$

Calculul coeficienților W_g, W_u necesită numai selectarea componentelor maxime ΔG_{max}, ΔU_{max}

din vectorii ΔG, ΔU;

$$2W_g = \frac{|\Delta G_{max}|}{\Delta g_{max}}$$

$$2W_u = \frac{|\Delta U_{max}|}{\Delta u_{max}} \qquad (15)$$

În relaţiile (12) se consideră că toţi coeficienţii de pondere sînt egali cu valorile maxime şi se exprimă:

$$g = \hat{g} + c_g \Delta G$$

$$u = \hat{u} + c_u \Delta U \qquad (16)$$

unde:

$$c_g = \frac{\Delta g_{max}}{|\Delta G_{max}|}; \quad c_u = -\frac{\Delta u_{max}}{|\Delta U_{max}|} \qquad (17)$$

Relaţiile (16) se interpretează cu uşurinţă, deoarece sînt analoage cu cele din metodele de gradient. Vectorii ΔG, ΔU au rolul gradienţilor, iar c_g, c_u sînt coeficienţi pentru determinarea pasului.

Coeficienţii de pondere W_{gn}, W_{un} din aproximaţiile $n \geqslant 2$ se calculează cu relaţiile:

$$W_{gn} = C_n W_g; \quad W_{un} = C_n W_u \qquad (18)$$

Coeficientul C_n creşte odată cu numărul n şi poate fi generat cu ajutorul relaţiilor Fibonacci:

$$C_0 = C_1 = 1 \quad \text{şi}$$

$$C_n = C_{n-1} + C_{n-2}; \quad n \geqslant 2 \qquad (19)$$

Relaţiile (16) rămîn neschimbate, dacă coeficienţii C_g, C_u se exprimă cu relaţiile:

$$c_g = \frac{1}{C_n} \frac{\Delta g_{max}}{|\Delta G_{max}|}$$

$$c_u = \frac{1}{C_n} \frac{\Delta u_{max}}{|\Delta U_{max}|} \qquad (20)$$

Creşterea coeficienţilor de pondere W_{gn}, W_{un} odată cu numărul n are ca efect convergenţa sigură a aproximaţiilor g, u din (16).

În primele aproximaţii se realizează pătrunderea vectorilor h, x în domeniul admisibil şi, ca urmare, funcţia F devine egală cu f^2. Aproximaţiile succesive, care urmează, tind către soluţia optimă, dacă funcţia f este convexă şi dacă se verifică condiţia:

$$F_{n+1} - F_n < 2\,\varepsilon_f \qquad (21)$$

în care

ε_f este eroarea admisă pentru f;
n — numărul de ordine al aproximaţiei.

Dacă condiţia (21) nu se verifică înseamnă că pasul gradientului a fost prea mare. Se revine la soluţia din aproximaţia n şi se efectuează calculul cu următorul număr Fibonacci.

După determinarea vectorilor optimi g, u din (16) se verifică restricţiile (2) şi se efectuează corecţiile: limitele violate de g, u se consideră valori optime pentru g, u. Noile valori pentru g, u se notează în continuare $\hat{g}$, $\hat{u}$ şi se introduc în ecuaţia de bază (6).

Se rezolvă ecuaţia de bază şi se repetă ciclul de operaţii, pînă cînd se verifică testul de convergenţă:

$$|F_{n+1} - F_n| < 2\,\varepsilon_f \qquad (22)$$

În practică interesează de multe ori determinarea unei soluţii admisibile. După pătrunderea vectorului y în domeniul admisibil se micşorează pasul gradientului şi se obţine o soluţie apropiată de cea optimă. În acest caz se poate spune că soluţia admisibilă este o estimaţie a soluţiei optime.

Dacă soluţia $\hat{y}$ nu pătrunde în domeniul admisibil înseamnă că sistemul de restricţii nu este compatibil cu o soluţie optimă. Algoritmul oferă o soluţie îmbunătăţită faţă de cea iniţială, adică o soluţie care corespunde unor abateri pătratice minime faţă de graniţa domeniului admisibil. Această posibilitate a algoritmului prezintă interes la studiul unor variante de regimuri ale sistemelor electroenergetice.

Algortimul expus este general, în sensul că se aplică pentru restricţii de egalitate sau de inegalitate asupra vectorilor g, u şi pentru valori continue sau discrete ale componentelor acestor vectori.

Componentele din g, u care au valori impuse (restricţii de egalitate) nu se mai calculează cu relaţiile (16). Componentele din g, u, care au valori discrete se estimează cu relaţiile (16) şi apoi se înlocuiesc cu cele mai apropiate valori discrete. Efortul principal de calcul constă în inversarea sau factorizarea iacobianului $\partial g/\partial x$, care intervine şi la calculul soluţiei de bază şi la calculul vectorului ΔG (relaţiile 6 şi 11). La calculul sistemelor mari se impune factorizarea ordonată a iacobianului în vederea exploatării sparsităţilor.

2. Aplicarea metodei

S-a aplicat metoda la estimarea regimului optim al unui sistem electroenergetic. Plecînd de la ecuaţiile de regim permanent s-a construit modelul matematic din paragraful 1.1 şi s-a elaborat programul de calcul pe baza algoritmului din paragraful 1.2.

2.1. *Sistemul de restricții*

Se consideră o rețea electroenergetică în regim permanent simetric și se construiește schema echivalentă de succesiune directă din metoda componentelor simetrice. Bara de nul sau „pămîntul fictiv" al schemei de succesiune directă se alege nod de referință al potențialelor de la celelalte noduri, care se numesc noduri independente. Potențialele nodale astfel definite sînt egale cu tensiunile nodale $\underline{V}_k$ din ecuațiile

$$\underline{I}_i = \sum_{k \in M} \underline{Y}_{ik} \underline{V}_k ; \; i \in M, \tag{23}$$

în care

M este mulțimea nodurilor independente;

$\underline{I}_i$ — curentul injectat la nodul $i \in N$.

Admitanțele $\underline{Y}_{ii}$, $\underline{Y}_{ik}$ din (23) se exprimă în funcție de admitanțele laturilor $\underline{y}_{io}$, $\underline{y}_{ik}$ și de rapoartele de transformare $\underline{T}_{ik}$.

Folosind relațiile (23) se exprimă puterile complexe $\underline{S}_i = \underline{V}_i \underline{I}_i$ injectate la nodurile independente:

$$\underline{S}_i = \sum_{k \in M} \underline{Y}^*_{ik} \underline{V}_i \underline{V}^*_k ; \qquad i \in M \tag{24}$$

sau:

$$P_i = REAL \, (\Sigma \, \underline{Y}^*_{ik} \underline{V}_i \underline{V}^*_k)$$

$$Q_i = IMAG \, (\Sigma \, \underline{Y}^*_{ik} \underline{V}_i \underline{V}^*_k) \tag{25}$$

sau:

$$P_i \overset{D}{=} P_i(V, \theta, T, \Omega)$$

$$Q_i \overset{D}{=} Q_i \, (V, \theta, T, \Omega) \tag{26}$$

unde:

V este vectorul modulelor V_i;

θ — vectorul argumentelor θ_i;

T — vectorul modulelor T_{ik};

Ω — vectorul argumentelor Ω_{ik}.

Se scriu restricții de forma generală (1):

— pentru funcțiile P_i, Q_i:

$$P_{min} \leqslant P \leqslant P_{max}$$

$$Q_{min} \leqslant Q \leqslant Q_{max} \tag{27}$$

— pentru variabilele U_{ii}, T_{ik}:

$$V_{min} \leqslant V \leqslant V_{max}$$

$$T_{min} \leqslant T \leqslant T_{max} \tag{28}$$

Rapoartele T sînt variabile cu valori discrete, determinate de numerele de ploturi ale transformatoarelor.

Argumentele Ω sînt variabile discrete care pot căpăta numai trei valori:

$$\Omega = (-60°, \; 0° \; +60°) \tag{29}$$

Se mai pot introduce restricții funcționale pentru limitarea curenților pe linii sau pentru impunerea unor puteri de schimb între anumite zone ale sistemului electroenergetic.

Pentru a forma sistemul ecuațiilor de bază se alege nodul de echilibru E și se definește mulțimea complementară $N = M/E$. Mulțimea N se partiționează în două submulțimi disjuncte R (noduri de tip receptor) și G (noduri de tip generator).

Pentru nodurile $i \in R$ se dau puterile $\hat{P}_i$, $\hat{Q}_i$, iar pentru nodurile $i \in G$ se dau sau se estimează $\hat{P}_i$, $\hat{V}_i$.

Variabilele de bază sînt argumentele $\theta_i (i \in N)$ și modulele $V_i (i \in R)$. Ecuațiile de bază sînt ecuațiile de bilanț ale puterilor active la toate nodurile $i \in N$ și de bilanț al puterilor reactive la nodurile $i \in R$.

$$\begin{aligned} P_i(x, \hat{u}) &= \hat{P}_i ; \qquad i \in N \\ Q_i \, (x, \hat{u}) &= \hat{Q}_i ; \qquad i \in R \end{aligned} \tag{30}$$

unde:

x este vectorul variabilelor de bază $\theta_i (i \in N)$, $V_i (i \in R)$;

u — vectorul variabilelor auxiliare $V_i (i \in G)$, T_{ik}, Ω_{ik}.

Nodurile de tip generator pot fi de două categorii: noduri cu puteri impuse $\hat{P}_i$ și noduri cu puteri variabile, care se optimizează.

Spluția x a sistemului de ecuații neliniare (30) se calculează cu metoda Newton-Raphson. Dacă aproximațiile succesive nu converg înseamnă că sistemul (30) nu este compatibil și deci nu se poate determina o soluție de bază, cu care să înceapă optimizarea.

Exploatarea programelor de regim permanent dovedește că ecuațiile de bază (30) sînt în general compatibile, dacă nodurile P, V sînt repartizate uniform în rețeaua electroenergetică și dacă bilanțul puterilor active este satisfăcut cu aproximație pe ansamblul sistemului.

2.2. *Programul de calcul*

Programul (limbaj FORTRAN) este elaborat pentru o partiție de 156 K și permite calculul regimului optim într-un sistem electroenergetic cu 500 pînă la 3000 de noduri. Pentru sistemul cu 500 de noduri se utilizează numai memoria internă, iar pentru cel cu 3000 de noduri se apelează memoria externă și se calculează regimul optim cu ajutorul echivalenților de sistem.

Programul optimizează toate variabilele de control, cum sînt tensiunile la bornele generatoarelor, rapoartele de transformare (module și argumente), sursele de putere reactivă (inclusiv bobinele), și ține seama de toate restricțiile referitoare la tensiuni, puteri reactive și puteri de schimb între zone.

Calculul se efectuează în valori relative, considerînd puterea de bază 100 MW și tensiu-

nile de bază ale nodurilor egale cu tensiunile nominale. S-au admis următoarele valori pentru erorile maxime:

$$\varepsilon_f = 0{,}01; \quad \varepsilon_h = 0{,}01; \quad \varepsilon_x = 0{,}001$$

Funcţia obiectiv se poate alege în două variante. În prima variantă se minimizează puterea activă de la nodul de echilibru, menţinînd constante puterile active de la celelalte noduri. În aceste condiţii se minimizează pierderile de putere activă în reţeaua electrică a sistemului. În a doua variantă se optimizează consumul total de combustibil în centrale. Calculul se efectuează în trei etape. În prima etapă se utilizează o subrutină care repartizează puterile active între centrale în ipoteza pierderilor nule în reţea. În a doua etapă se calculează regimul de bază, alegînd nodul de echilibru la un nod care nu participă la optimizare. Abaterea de putere activă la nodul de echilibru ΔP_e reprezintă pierderile de putere activă în reţea. În etapa a treia se optimizează regimul, repartizînd puterea ΔP_e între centralele cu puteri disponibile:

$$P_i = \hat{P}_i + \Delta P_e \frac{\Delta P_i}{\Sigma \Delta P_i} \qquad (31)$$

unde ΔP_i este o componentă din ΔG_i.

Relaţia (31) se obţine din (10), punînd condiţia ca suma corecţiilor $P_i - \hat{P}_i$ să fie egală cu ΔP_e.

Programul a fost testat pe o reţea cu 130 de noduri şi 209 laturi, dintre care 38 de noduri de tip generator şi 62 de laturi cu transformatoare. Rezultatele obţinute s-au comparat cu cele date de programul FAST. S-a ales un regim deosebit de greu, care nu a intrat în domeniul admisibil. Programul FAST a dat depăşiri de 3,6% pentru tensiuni, în timp ce programul propus a încadrat toate tensiunile cu erori de $\pm$ 1,1%.

Optimizarea regimului s-a efectuat pentru cele două variante ale funcţiei obiectiv, considerînd că puterile active din regimul iniţial de bază sînt aceleaşi. În prima variantă pierderile de putere activă au fost 327,779 MW, iar în a doua variantă au scăzut la 307,551 MW.

Performanţele referitoare la timp şi memorie trebuie comparate cu cele ale unor programe analoage de optimizare cu ajutorul altor metode. S-a elaborat o variantă de program folosind algoritmul expus în (12). S-a constatat că performanţele programlui propus sînt superioare pentru reţele de dimensiuni obişnuite (peste 100 de noduri). Superioritatea sa devine şi mai evidentă, dacă se ţine seama de faptul că rezolvă problemele suplimentare: operează cu variabile discrete şi cu funcţii discontinue, optimizează repartiţia puterilor active şi reactive între centrale, conectează şi deconectează automat bobinele pentru compensarea puterii reactive şi altele.

Performanţele programului nostru în ceea ce priveşte timpul de calcul pot fi sensibil îmbunătăţite printr-o segmentare mai raţională. Intenţionăm să efectuăm această restructurare după o perioadă de exploatare la Dispeceratul Energetic Naţional.

Concluzii

Modelul matematic din prima parte a lucrării diferă de modelul standard al programării matematice, în care nu se impune ca toate variabilele şi funcţiile restricţionate să fie cuprinse între două limite finite. Asocierea variabilelor şi funcţiilor restricţionate cu perechi de limite finite este o caracteristică a tuturor sistemelor fizico-tehnice. În consecinţă modelul matematic prezentat în lucrare are o formă particulară din punct de vedere matematic, dar este general din punct de vedere practic. În această ordine de idei este justificată propunerea de a considera că modelul prezentat în lucrare este modelul de bază sau standard al programării matematice liniare sau neliniare.

Funcţia auxiliară Φ, definită cu relaţiile (7), diferă de funcţia Lagrange, însă ecuaţiile (11) sînt analoage cu cele din metoda Lagrange şi din metoda gradientului. În metoda propusă nu intervin coeficienţii Kuhn-Tucker, deşi s-ar putea interpreta că vectorul $2W_h\,(h - \hat{h})$ din (10) este vectorul coeficienţilor μ.

Relaţiile (12) au un rol esenţial în modelul matematic al optimizării:

— cu prima relaţie din (12) se calculează valorile optime g_i pentru funcţiile supuse la restricţii de inegalitate; în metoda Lagrange nu există această posibilitate;

— cu a doua relaţie din (12) se calculează valorile optime u_i pentru variabilele supuse la restricţii de inegalitate; relaţia de calcul este o generalizare a celei din metoda gradientului.

Algoritmul propus pentru calculul soluţiei optime se aplică în cazurile cele mai generale ale programării convexe, indiferent de proprietăţile funcţiilor f, g, h, care pot fi liniare sau neliniare şi continue sau discontinue, însă derivabile pe porţiuni.

Momentul critic al algoritmului constă în alegerea coeficientului crescător C_n din relaţiile (19). Rezultatele obţinute cu ajutorul seriei Fibonacci demonstrează o dată în plus eficienţa metodelor de cercetare operaţională.

O calitate importantă a algoritmului de calcul constă în faptul că ajunge întotdeauna la o soluţie. Soluţia este optimă, dacă restricţiile sînt satisfăcute, sau este numai îmbunătăţită, dacă unele restricţii sînt violate. Soluţia îmbunătăţită faţă de cea iniţială prezintă

interes în practică, deoarece permite detectarea cauzelor care provoacă incompatibilitatea sistemului de restricții.

Caracterul general al modelului matematic și eficiența algoritmului de calcul conferă metodei expuse avantaje incontestabile față de metodele cunoscute în prezent din literatura de specialitate. Competiția cu alte metode de programare neliniară pare cîștigată, însă rămîne deschisă în domeniul programării liniare, în care algoritmul simplex deține întîietatea. O întrebare indiscretă ar putea să decidă și în acest caz : ce se întîmplă cînd sistemul de restricții este incompatibil și deci nu există soluție optimă? Algoritmul simplex nu dă un răspuns, iar algoritmul propus oferă o soluție îmbunătățită, care este o informație prețioasă pentru realizarea ulterioară a soluției optime.

În încheiere îmi exprim convingerea că metoda poate fi aplicată și la rezolvarea unor probleme de programare liniară și de estimare a stărilor sau parametrilor sistemelor. Tinerii cercetători pot să considere că le-am făcut o invitație la colaborare, cu precizarea că trebuie să se grăbească, pentru că altfel ar putea constata că problemele au fost deja rezolvate.

Bibliografie

[1] Bellman, R. *Programarea dinamic aplicată*. Traducere din limba engleză. Editura tehnică, București, 1967.

[2] Kaufman, A. *Metode și modele ale cercetării operaționale*. Editura științifică, București, 1968.

[3] Gill, P. și Murrey, W. *Numerical methods for constrained optimization*. Academic Press. London – – New-York – San Francisco, 1974.

[4] Lasdom, L. S. *Teoria optimizării sistemelor mari*. Traducere din limba engleză. Editura tehnică, București, 1975.

[5] Eykhoff, P. *Identificarea sistemelor*. Traducere din limba engleză. Editura tehnică, București, 1977.

[6] Dragomirescu, M. și Maliță, M. *Programare neliniară*. Editura științifică, București, 1972.

[7] Vicențiu, D. *Programare neliniară*. Editura Academiei R.S.R., București, 1975.

[8] Grișan, O. *Optimizări decizionale în sistemele electroenergetice*. Editura Facla, 1975.

[9] Tertișco, M. și Stoica, P. *Identificarea și estimarea parametrilor sistemelor*. Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1980.

[10] Miclescu, Th. și Bazacliu, G. *Optimizări în sistemele energetice*. Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

[11] Potolea, E. *Calculul regimurilor de funcționare ale sistemelor electroenergetice*. Editura tehnică, București, 1977.

[12] Dommel, H. W. și Tinney, W. F. *Optimal power flow solutions*. În : IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. PAS-87, pag. 1866, 1876, octombrie 1968.

[13] Carpentier, M. I. *Contribution a l'étude du dispatching économique*. În : Bulletin de la Societé Française des Electriciens, nr. 32, august, 1962.

[14] Sasson, A. M., Viloria, F. și Aboytes, F. *Optimal load flow solution using the Hessian matrix*. În : IEEE. Trans. Pas-92, pag. 31 – 41, Ian/Feb., 1973.

[15] Sasson, A. M. și Merrill, H. C. *Some Applications of Optimization Techniques to Power Systems Problems*. În : Proc. IEEE, vol. 62, nr. 7, iulie 1974, pag. 959 – 972.

[16] Jarson, R. E., Tinney, W. F. și Peschon, I. *State estimation in power systems*. În : IEEE Trans. PAS 89, martie 1970.

[17] Schweppe, F. C. *Power system static-state estimation*. În : IEEE Trans., PAS-89, 1970.

[18] Stott, B. și Alsac, O. *Fast decoupled load flow*. În : IEEE Trans., PAS-93, pag. 859 – 869, Mai/Iunie, 1974.

[19] Potolea, E. *Echivalarea și estimarea în calculul sistemelor electroenergetice*. În : Energetica, 28, 1980, nr. 3.

[20] Potolea, E. și Tudose, M. *Utilizarea algoritmului simplex la calculul regimului permanent al sistemelor electroenergetice*. În : Energetica, nr. 2, 1972.

Notă – Menționăm că bibliografia indicată nu este exhaustivă, numărul lucrărilor publicate pe această temă fiind mult mai mare.

(Articol intrat în redacție la 19 mai 1982)

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

Impedanțele cablurilor tip A2YSY — 12/20 kV însoțite cu un conductor de pămînt

Ing. **Al. Tănăsescu**,
ing. **H. Măriș**,
ing. **Marina Russ***)

Generalități

Extinderea rețelelor subterane de medie tensiune alcătuite din cabluri tip A2YSY a condus la creșterea accentuată a valorilor curenților de punere la pămînt și la necesitatea trecerii acestor rețele de la sistemul cu neutrul compensat prin bobină de stingere, la sistemul cu neutrul legat la pămînt prin rezistență.

Calculele teoretice precum și măsurătorile orientative efectuate în cursul anului 1981 au evidențiat faptul că, în cazul rețelelor cu neutrul legat la pămînt prin rezistență, constituite din cabluri avînd izolație de polietilenă termoplastică și ecran din benzi de cupru, tensiunile de atingere și de pas, în cazul unui scurtcircuit monofazat într-un post de transformare, pot depăși, în unele cazuri, valorile admisibile preconizate de STAS 2612-72 (revizuit în 1982).

Pe de altă parte, în cazul rețelelor subterane cu neutrul legat la pămînt prin rezistență, alcătuite din cabluri cu manta de plumb, măsurătorile efectuate în anii anteriori au

*) Ing. Alexandru Tănăsescu, ing. Horia Măriș și ing. Marina Russ lucrează în cadrul Centralei industriale de rețele electrice, Secția cercetare-proiectare.

demonstrat că tensiunile de atingere și de pas nu au depășit, în nici o situație limitele admisibile. Acest lucru s-a datorat valorii reduse a rezistenței prizei de pământ echivalente, ca rezultat al contactului cvasicontinuu dintre mantaua de plumb a cablului și pământ, protecția de iută bituminată și învelișul din benzi de oțel neinfluențînd decît relativ puțin și numai în stare nouă calitatea acestui contact.

Din punctul de vedere al exploatării, este de dorit ca și în cazul cablurilor cu izolație sintetică la care ecranul nu este în contact cu pămîntul, să se asigure, cu cheltuieli minime, valori reduse pentru prizele de pământ echivalente din posturile de transformare. O soluție pentru rezolvarea acestei probleme, cu posibilități de aplicare practică imediată, o constituie însoțirea cablului pe întregul traseu cu un conductor de pământ [1], [2]. O astfel de tendință, de însoțire a cablurilor pe traseu cu un conductor de pământ, se manifestă mai ales în țările care au adoptat în rețelele de medie tensiune metoda de legare la pământ a neutrului prin rezistență. De exemplu, în Franța, utilizatorul [3] impune fabricantului [4] realizarea unui anumit tip de cablu de medie tensiune, și anume a cablului tripolar torsadat cu conductor de pământ, pentru rețele subterane, și a cablului tripolar torsadat cu conductor purtător, pentru rețelele aeriene.

În prezentul articol se expun metoda și formulele de calcul pentru impedanțele de secvență în cazul cablurilor monopolare în montaj trifazat, însoțite pe traseu cu un conductor de pământ, precum și rezultatele obținute cu ajutorul unui program de calcul specific.

1. Metoda de calcul

Ca și în cazul cablurilor monopolare în montaj trifazat [5], pentru cablurile monopolare în montaj trifazat însoțite pe traseu cu un conductor de pământ se pot scrie pentru conductoarele active trei relații de forma:

$$\underline{U}_A = \underline{Z}_C\underline{I}_A + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_B + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_C + \\ + \underline{Z}_{CE}\underline{I}_{EA} + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EB} + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EC} + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_N, \quad (1)$$

iar pentru ecranele cablurilor alte trei relații de forma:

$$0 = \underline{Z}_{CE}\underline{I}_A + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_B + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_C + \underline{Z}_E\underline{I}_{EA} + \\ + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EB} + \underline{Z}_{CC}\underline{I}_{EC} + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_N \quad (2)$$

Pentru conductorul de pământ se poate scrie cea de-a șaptea ecuație:

$$0 = \underline{Z}_{CN}\underline{I}_A + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_B + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_C + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_{EA} + \\ + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_{EB} + \underline{Z}_{CN}\underline{I}_{EC} + \underline{Z}_N\underline{I}_N \quad (3)$$

În aceste ecuații, față de [5], s-au introdus următoarele notații noi:

$\underline{I}_N$ — curentul prin conductorul de pământ;
$\underline{Z}_N$ — impedanța proprie a conductorului de pământ;
$\underline{Z}_{CN}$ — impedanța mutuală între un conductor activ și conductorul de pământ (sau între ecran și conductorul de pământ).

Cele șapte ecuații (1), (2), (3) se pot scrie matricial:

$$[\underline{U}_c] = [\underline{Z}_c] \times [\underline{I}_c] + [\underline{Z}_m]^T \times [\underline{I}_{en}]$$
$$[0] = [\underline{Z}_m] \times [\underline{I}_c] + [\underline{Z}_{en}] \times [\underline{I}_{en}] \quad (4)$$

unde:

$$[0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \underline{I}_{en} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{EA} \\ \underline{I}_{EB} \\ \underline{I}_{EC} \\ \underline{I}_N \end{bmatrix}$$

$$[\underline{Z}_m]^T = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CN} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CN} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CN} \end{bmatrix}$$

$$[\underline{Z}_m] = \begin{bmatrix} \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} & \underline{Z}_{CC} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CE} \\ \underline{Z}_{CN} & \underline{Z}_{CN} & \underline{Z}_{CN} \end{bmatrix} \quad (5$$

$$[\underline{Z}_{en}] = \begin{bmatrix} \underline{Z}_E & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CN} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_E & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CN} \\ \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_{CC} & \underline{Z}_E & \underline{Z}_{CN} \\ \underline{Z}_{CN} & \underline{Z}_{CN} & \underline{Z}_{CN} & \underline{Z}_N \end{bmatrix}$$

restul matricelor fiind explicitate în [5].

Exprimînd curenții din ecrane și din conductorul de pământ funcție de curenții din conductoarele active:

$$[\underline{I}_{en}] = -[\underline{Z}_{en}]^{-1} \times [\underline{Z}_m] \times [\underline{I}_c] \quad (6)$$

și introducînd (6) în prima relație din (4) rezultă:

$$[\underline{U}_c] = ([\underline{Z}_c] - [\underline{Z}_m]^T \times [\underline{Z}_{en}]^{-1} \times \\ \times [\underline{Z}_m]) \times [\underline{I}_c] \equiv [\underline{Z}_{cen}] \times [\underline{I}_c] \quad (7)$$

Impedanțele de diferite secvențe se obțin utilizînd matricea combinată $[\underline{Z}_{cen}]$, cu ajutorul formulei:

$$[\underline{Z}_s] = [\underline{T}] \times [\underline{Z}_{cen}] \times [\underline{C}] \quad (8)$$

unde $[\underline{Z}_s]$, $[\underline{T}]$ și $[\underline{C}]$ au expresiile explicitate în [5].

Efectuînd calculele în (8) se obțin expresiile pentru impedanțele de secvență directă (inversă) și homopolară:

$$\underline{Z}_1 \equiv \underline{Z}_2 = \underline{Z}_C - \underline{Z}_{CC} - \frac{(\underline{Z}_{CE} - \underline{Z}_{CC})^2}{\underline{Z}_E - \underline{Z}_{CC}} \quad (9)$$

$$\underline{Z}_0 = \underline{Z}_C + 2\underline{Z}_{CC} - \frac{(\underline{Z}_{CE} + 2\underline{Z}_{CC})^2 \cdot \underline{Z}_N - 3\underline{Z}_{CN}^2(2\underline{Z}_{CC} + 2\underline{Z}_{CE} - \underline{Z}_E)}{(\underline{Z}_E + 2\underline{Z}_{CC})\underline{Z}_N - 3\underline{Z}_{CN}^2} \quad (10)$$

S-a considerat că circuitul de bază este simetric (sau simetrizat) și deci impedanțele mutuale între diferitele secvențe rezultă nule.

2. Formulele de calcul

Expresiile pentru impedanțele proprii ale conductoarelor active, impedanțele proprii ale ecranelor, impedanțele mutuale între conductoarele active, impedanțele mutuale între ecrane și impedanțele mutuale între conductoarele active și ecrane au fost prezentate în [5].

Expresia pentru impedanța proprie a conductorului de pământ în prezența căii de întoarcere prin pământ este similară cu cea pentru impedanța proprie a conductorului activ sau a ecranului, deci:

$$\underline{Z}_N = R_N + R_p + j(X_N + X_p), \quad (11)$$

unde R_N este rezistența în curent alternativ a conductorului de pământ, iar X_N este reactanța definită de formula:

$$X_N = 0{,}14467 \log_{10} \cdot \frac{0{,}3048}{r_{mN}} \ [\Omega/\text{km}] \quad (12)$$

pentru frecvența de 50 Hz și r_{mN} exprimată în metri.

În cazul conductoarelor de pământ diamagnetice, raza medie geometrică r_{mN} se calculează conform expresiilor prezentate în [5], iar în cazul în care conductorul de pământ este constituit dintr-un material magnetic se poate utiliza următoarea expresie:

$$r_{mN} = r \cdot e^{-\frac{\mu_r}{4}}, \quad (13)$$

unde r este raza conductorului, iar μ_r este permeabilitatea relativă a conductorului [6].

Impedanța mutuală între conductorul activ (sau ecranul) unei faze și conductorul de pământ se definește cu:

$$\underline{Z}_{CN} = R_p + j(X_{CN} + X_p), \quad (14)$$

iar reactanța mutuală X_{CN} se calculează cu formula:

$$X_{CN} = 0{,}14467 \log_{10} \cdot \frac{0{,}3048}{D_{CN}} \ [\Omega/\text{km}] \quad (15)$$

pentru frecvența de 50 Hz și D_{CN} exprimată în metri.

Distanța medie geometrică dintre conductorul activ și conductorul de pământ, D_{CN}, este egală cu distanța dintre axele conductoarelor, dacă circuitul este simetric (pozare în trefla și conductorul de pământ aflat între conductoarele de fază), sau se calculează cu formula clasică de simetrizare, dacă circuitul este nesimetric (pozare în linie).

Introducînd în (9) și (10) expresiile impedanțelor specifice rezultă expresiile impedanțelor de secvență pentru cablurile monopolare în montaj trifazat, însoțite pe traseu cu un conductor de pământ:

$$\underline{Z}_1 \equiv \underline{Z}_2 = R_C + j(X_C - X_{CC}) + \frac{(X_{CE} - X_{CC})^2}{R_E + j(X_E - X_{CC})} \quad (16)$$

$$\underline{Z}_0 = R_C + 3R_p + j(X_C + 2X_{CC} + 3X_p) - \frac{[3R_p + j(X_{CE} + 2X_{CC} + 3X_p)]^2 \cdot [R_N + R_p + j(X_N + X_p)] - 3[R_p + j(X_{CN} + X_p)]^2}{[R_E + 3R_p + j(X_E + 2X_{CC} + 3X_p)] \cdot [R_N + R_p + j(X_N + X_p)]} \cdot \frac{[3R_p - R_E + j(2X_{CE} + 2X_{CE} + 3X_p - X_E)]}{-3[R_p + j(X_{CN} + X_p)]^2} \quad (17)$$

Se poate remarca faptul că expresia impedanței directe (inverse) rezultă identică cu expresia dedusă în cazul cablurilor monopolare în montaj trifazat, deci conductorul de pământ nu are nici o influență asupra impedanței directe.

Expresiile (16) și (17) au fost folosite în programul rulat pe calculator pentru determinarea impedanțelor de secvență ale cablurilor însoțite cu un conductor de pământ.

3. Prezentarea rezultatelor obținute

Datele de bază pentru calcule au fost prezentate în [5].

Pentru conductorul de pământ s-au luat în considerare două variante:

— conductorul de pământ este un conductor de aluminiu multifilar cu secțiunea de 25 mm², protejat cu un înveliș de plumb de 1 mm grosime (soluție similară cu cea rezultată din [3] și [4]);

— conductorul de pământ este un conductor de oțel zincat cu secțiunea nominală de 95 mm².

Caracteristicile geometrice și electrice privind conductorul de aluminiu au fost preluate din STAS 3032-69 și, considerînd că învelișul de plumb împreună cu conductorul de aluminiu alcătuiesc două rezistențe în paralel rezultă o rezistență specifică totală în c.c. a conductorului AlPb de 1,044 Ω/km la 20°C.

Caracteristicile geometrice și electrice privind conductorul de oțel zincat au fost preluate din STAS 3734-71 pentru conductorul tip A, a cărui rezistență în c.c. la 20°C are valoarea de 1,5 Ω/km. Conform [6] s-a considerat că permea-

bilitatea relativă a conductorului de oţel zincat are valoarea 100.

Referitor la modul de pozare, calculele s-au efectuat în două variante: pozare în treflă, cu conductorul de pămînt aşezat între cele trei faze, şi pozare în linie, cu distanţa între faze de 7 cm şi conductorul de pămînt aşezat la 5 cm deasupra fazei din mijloc.

Tabelul 1

Caracteristicile electrice ale cablului tip A2YSY 12/20 kV cu conductor din aluminiu, ecran din benzi de cupru, temperatura conductorului 60°C, temperatura ecranului 50°C, conductor de pămînt aluminiu cu înveliş de plumb, secţiunea 25 mm², rezistivitatea solului 100 Ωm, frecvenţa 50 Hz

Secţiunea, mm²	Impedanţa directă (inversă), Ω/km			Impedanţa homopolară, Ω/km			Obs.
	$R_1=R_2$	$X_1=X_2$	$Z_1=Z_2$	R_0	X_0	Z_0	
95	0,372	0,129	0,394	1,282	0,805	1,514	
120	0,294	0,123	0,319	1,200	0,799	1,442	*m, T*
150	0,240	0,118	0,267	1,142	0,796	1,392	
95	0,372	0,133	0,395	1,286	0,807	1,519	
120	0,294	0,129	0,321	1,204	0,804	1,448	*M, T*
150	0,240	0,124	0,270	1,147	0,800	1,399	
95	0,377	0,208	0,431	1,183	0,888	1,479	
120	0,299	0,201	0,360	1,103	0,881	1,412	*m, L*
150	0,244	0,195	0,312	1,046	0,877	1,365	
95	0,377	0,214	0,434	1,185	0,892	1,484	
120	0,299	0,208	0,364	1,105	0,887	1,417	*M, L*
150	0,244	0,202	0,317	1,049	0,882	1,371	

LEGENDA: conductor multifilar = *m*; conductor masiv = *M*; pozare în treflă = *T*; pozare în linie = *L*.

Tabelul 2

Caracteristicile electrice ale cablului tip A2YSY 12/20 kV cu conductor din aluminiu, ecran din sîrme de cupru, temperatura conductorului 60°C, temperatura ecranului 50°C, conductor de pămînt aluminiu cu înveliş de plumb, secţiunea 25 mm², rezistivitatea solului 100 Ωm, frecvenţa 50 Hz

Secţiunea, mm²	Impedanţa directă (inversă), Ω/km			Impedanţa homopolară, Ω/km			Obs.
	$R_1=R_2$	$X_1=X_2$	$Z_1=Z_2$	R_0	X_0	Z_0	
95	0,374	0,130	0,396	1,089	0,407	1,163	
120	0,296	0,124	0,321	1,010	0,403	1,087	*m, T*
150	0,244	0,119	0,269	0,954	0,400	1,034	
95	0,374	0,134	0,397	1,091	0,409	1,165	
120	0,296	0,130	0,324	1,011	0,406	1,090	*M, T*
150	0,242	0,125	0,272	0,956	0,403	1,037	
95	0,386	0,207	0,438	1,068	0,464	1,165	
120	0,307	0,199	0,367	0,989	0,459	1,090	*m, L*
150	0,252	0,194	0,318	0,933	0,455	1,039	
95	0,386	0,212	0,441	1,070	0,467	1,167	
120	0,308	0,207	0,371	0,991	0,463	1,094	*M, L*
150	0,253	0,200	0,323	0,935	0,459	1,042	

LEGENDA: conductor multifilar = *m*; conductor masiv = *M*; pozare în treflă = *T*; pozare în linie = *L*.

Pentru conductoarele active s-a ales temperatura de 60°C, iar pentru ecrane temperatura de 50°C, ipoteză valabilă atunci cînd reţeaua este încărcată la sarcina nominală.

Tabelul 3

Caracteristicile electrice ale cablului tip A2YSY 12/20 kV cu conductor din aluminiu, ecran din benzi de cupru, temperatura conductorului 60°C, temperatura ecranului 50°C, conductor de pămînt oţel zincat, secţiunea 95 mm², rezistivitatea solului 100 Ωm, frecvenţa 50 Hz

Secţiunea, mm²	Impedanţa directă (inversă), Ω/km			Impedanţa homopolară, Ω/km			Obs.
	$R_1=R_2$	$X_1=X_2$	$Z_1=Z_2$	R_0	X_0	Z_0	
95	0,372	0,135	0,396	1,128	1,140	1,604	
120	0,294	0,129	0,321	1,047	1,133	1,543	*m, T*
150	0,240	0,124	0,270	0,989	1,128	1,501	
95	0,372	0,139	0,397	1,132	1,145	1,610	
120	0,294	0,135	0,324	1,051	1,139	1,550	*M, T*
150	0,240	0,129	0,273	0,993	1,134	1,508	
95	0,377	0,208	0,431	1,078	1,152	1,578	
120	0,299	0,201	0,360	0,998	1,145	1,519	*m, L*
150	0,244	0,195	0,312	0,941	1,139	1,478	
95	0,377	0,214	0,433	1,081	1,157	1,584	
120	0,299	0,208	0,364	1,001	1,151	1,525	*M, L*
150	0,244	0,202	0,317	0,944	1,146	1,485	

LEGENDA: conductor multifilar = *m*; conductor masiv = *M*; pozare în treflă = *T*; pozare în linie = *L*.

Tabelul 4

Caracteristicile electrice ale cablului tip A2YSY 12/20 kV cu conductor din aluminiu, ecran din sîrme de cupru, temperatura conductorului 60°C, temperatura ecranului 50°C, conductor de pămînt oţel zincat, secţiunea 95 mm², rezistivitatea solului 100 Ωm, frecvenţa 50 Hz

Secţiunea, mm²	Impedanţa directă (inversă), Ω/km			Impedanţa homopolară, Ω/km			Obs.
	$R_1=R_2$	$X_1=X_2$	$Z_1=Z_2$	R_0	X_0	Z_0	
95	0,374	0,136	0,398	1,118	0,577	1,258	
120	0,296	0,130	0,324	1,039	0,572	1,186	*m, T*
150	0,244	0,125	0,274	0,980	0,568	1,132	
95	0,374	0,140	0,400	0,120	0,579	1,261	
120	0,297	0,136	0,327	1,041	0,576	1,190	*M, T*
150	0,242	0,131	0,275	0,985	0,572	1,139	
95	0,386	0,207	0,438	1,097	0,599	1,250	
120	0,307	0,199	0,367	1,025	0,592	1,184	*m, L*
150	0,252	0,194	0,318	0,969	0,588	1,134	
95	0,386	0,212	0,441	1,106	0,600	1,259	
120	0,308	0,207	0,371	1,027	0,596	1,187	*M, L*
150	0,253	0,201	0,323	0,971	0,592	1,138	

LEGENDA: conductor multifilar = *m*; conductor masiv = *M*; pozare în treflă = *T*; pozare în linie = *L*.

Datorită faptului că rezistivitatea solului are o influenţă minoră asupra impedanţei homopolare s-au tabelat numai valorile rezultate pentru rezistivitatea solului egală cu 100 Ωm.

Rezultatele obţinute sînt prezentate în tabelele 1, 2, 3 şi 4.

Concluzii

Comparînd rezultatele obținute pentru cablurile monopolare în montaj trifazat însoțite cu un conductor de pămînt cu rezultatele obținute pentru cablurile monopolare în montaj trifazat [5] rezultă faptul că existența conductorului de pămînt conduce la scăderea valorii impedanței homopolare. Influența cea mai accentuată se manifestă asupra reactanței homopolare; astfel, în cazul cablurilor cu ecranul constituit din benzi de cupru rezultă o scădere a valorii reactanței homopolare de circa 1,8 ori, atunci cînd conductorul de pămînt este din aluminiu-plumb, și de circa 1,25 ori, atunci cînd conductorul de pămînt este din oțel zincat. Prin scăderea valorii impedanței homopolare o parte importantă din curentul de scurtcircuit se va întoarce spre sursă prin căile conductoare legate de pămînt, diminuîndu-se componenta curentului ce trece prin priza de pămînt a postului de transformare, deci, implicit, și valorile tensiunilor de atingere și de pas.

Din punctul de vedere al cerinței de scădere a valorii impedanței homopolare, existența unui conductor de pămînt de aluminiu-plumb cu secțiunea de 25 mm^2 are aproximativ același efect ca și mărirea de circa 2,6 ori a secțiunii ecranului cablurilor (cazul ecranelor din sîrme de cupru față de ecranele din benzi de cupru).

Pe de altă parte, eventuala existență a conductorului de pămînt ar face posibilă înlocuirea ecranului alcătuit din benzi de cupru (de exemplu, cu ecran din benzi de aluminiu [3], [4]), datorită faptului că acesta prezintă două inconveniente: costul relativ ridicat și faptul că în cursul ciclurilor de încălzire ecranul din benzi de cupru produce deformări ale izolației, deci o scurtare a duratei de viață a cablului [2].

Aceste inconveniente ale ecranelor din benzi de cupru au condus la realizarea unui nou tip de cablu monopolar de medie tensiune [7], la care ecranul constituit din sîrme de cupru este înglobat în învelișul protector de polietilenă.

Din cele expuse mai sus rezultă faptul că cerința de reducere a valorii impedanței homopolare în cazul cablurilor cu izolație sintetică se poate realiza în principal prin două căi: sau prin utilizarea cablurilor care au ecranul alcătuit din sîrme de cupru, sau prin însoțirea pe traseu a cablurilor care au ecranul alcătuit din benzi de cupru cu un conductor de pămînt.

Decizia privind necesitatea pozării conductorului de pămînt în anumite cazuri specifice este funcție de o serie de factori, ca de exemplu: valoarea curentului de scurtcircuit monofazat, valorile rezistențelor prizelor de pămînt din posturile de transformare, cheltuielile impuse de pozarea conductorului de pămînt comparate cu cheltuielile rezultate din utilizarea altor metode pentru reducerea valorilor tensiunilor de atingere și de pas (reducerea valorii rezistenței prizelor de pămînt în posturile de transformare sau izolarea amplasamentelor).

Bibliografie

[1] Van Dommelen, D., Feron, L. și Germay, N. *Calcul d'echauffement et tehnologie des câbles en fouis.* Conferința CIRED, Londra, 1973.

[2] Lacoste, A., Lemainque, H. și Schmeltz, I. *Techniques des câbles de distribution en France. Solutions actuelles et tendances futures.* Conferința CIRED, Londra, 1973.

[3] * * * *Document de normalisation HN 33–S–23. Câbles 12/20 kV à isolation en polyéthylène réticulé chimiquement pour les réseau de distribution.* Electricité de France.

[4] * * * *Câble MT S 23 torsade tripolaire de réseau.* CGF – Compagnie générale de fabrication de câbles électriques.

[5] Tănăsescu, Al. și Mărieș, H. *Impedanțele cablurilor cu izolație de polietilenă termoplastică tip A2YSY-12/20 kV* În: Energetica, nr. 1, 1982.

[6] * * * *Siemens. Memoratorul inginerului electrician.* Editura tehnică. București, 1971, pg. 585 – 603.

[7] * * * *Prospect firma Anaconda – Ericsson. Cablu tip MP-90.*

(Articol intrat în redacție la 7 aprilie 1982)

Considerații privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur din centralele termice nucleare

Ing. **L. Stanisavlievici**

Într-un studiu precedent*) s-a propus o schemă de reglementare a regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur — cu valori mari ale densității fluxului termic local — din centralele termice convenționale.

Prezentul studiu se referă la centralele termice nucleare, cu apă sub presiune (circuitul secundar) și respectiv cu apă fierbinte; el este fundamentat, în ansamblul său, pe concepțiile expuse în lucrarea amintită.

Se impun însă unele precizări.

Problematica regimului chimic al apei din centralele termice nucleare este relativ de dată recentă; concepțiile noi în acest domeniu sînt preluate cu ezitări, dîndu-se preferință experienței de exploatare din centralele în funcțiune. Caracterul specific al unui astfel de criteriu nu se pretează la generalizare și ca urmare reglementările existente prezintă neconcordanță între ele. Se impune deci o uniformizare a criteriilor de bază. Categorisirea generatoarelor de abur pe baza valorii densității fluxului termic local, ca în cazul centralelor termice convenționale, nu este justificată aici. Specificul centralelor termice nucleare și implicațiile agravante ale unor eventuale defecțiuni în exploatare, cauzate de calitatea necorespunzătoare a apei, impun exigențe sporite, independent de criteriul amintit mai sus.

Regimul chimic al apei, propus, are următoarea structură:

Apa de adaos pentru generatoarele de abur va fi pretratată intens, pentru a elimina — ceea ce este posibil numai în această fază — impuritățile de natură organică, ionogene sau neionogene, provenite din poluarea sursei de apă. Urmează o demineralizare totală prin schimbători de ioni.

Condensatul recuperat — eventual împreună cu apa de adaos — va fi filtrat mecanic și demineralizat ionic, instalația respectivă fiind dimensionată pentru a trata 100% din volumul de condensat în circulație.

Eliminarea impurităților solubile din apa destinată generatoarelor de abur poate fi realizată pînă la valori de ordinul 10^{-7} mol/kg, ceea ce satisface, calitativ, exigențele agregatelor termomecanice de înaltă productivitate din centralele termice convenționale. Exprimate în unități tehnice, determină și caracteristicile de calitate impuse apei pentru generatoarele de abur din centralele termice nucleare.

Impuritățile apei solubile în abur — acidul ortosilicic și hidroxidul de aluminiu — pot fi tolerate pînă la valori corespunzătoare presiunii de serviciu a aburului generat.

Intervențiile deliberate asupra valorii *p*H de menținut în apa din generatorul de abur, prin dozarea de alcalii solide — ortofosfați de sodiu sau hidroxid de sodiu — sau de agenți alcalini volatili, nu sînt justificate.

În circuitul termic al apei se va aplica un regim chimic similar celui din centralele termice convenționale, care asigură păstrarea calității apei de alimentare pînă la intrarea ei în generatorul de abur. Acest regim chimic prezintă alternative, în raport cu caracteristicile tehnologice ale echipamentului termomecanic al centralei termice respective. El asigură formarea ordonată și stabilitatea termodinamică a straturilor oxidice protectoare, de fier sau de cupru formate pe suprafețele metalice care sînt în contact cu apa sau aburul. Preocuparea se limitează la partea „rece" a circuitului termic al apei; în partea „caldă", ca și în generatorul de abur, aceste straturi protectoare se formează spontan și se mențin stabile, dacă sînt îndeplinite permanent condițiile de puritate și cele hidrodinamice ale apei.

Unele reglementări impun menținerea în apa generatorului de abur a unei anumite alcalinități „de protecție", cu scopul de a neutraliza aciditatea creată de prezența în apă a unor impurități cu caracter acid, apărute sporadic sau existente continuu.

Considerente teoretice, confirmate de experiența de exploatare, demonstrează că dozarea unor *agenți alcalini solizi*, ca ortofosfații de sodiu, în apa generatorului de abur, chiar în mod intermitent, nu este indicată în cazul agregatelor termomecanice de mare performanță. Prin efecte secundare, de substituire cristalografică și efecte de „hide out", este afectată stabilitatea straturilor oxidice protectoare și, cu timpul, dislocată local. Neajunsurile consecutive apar, mai ales, la generatoarele de abur cu valori mari ale densității fluxului termic, local; ele sînt cunoscute de mult în centralele termice convenționale și au apărut, cum era de așteptat, și la generatoarele de abur din centralele termice nucleare cu apă sub presiune. În lipsa unor mijloace adecvate de a evita prezența substanțelor acide în apa generatorului de abur, dozajul intermitent al agenților

*) L. Stanisavlievici. „Considerații" privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur", apărut în „Energetica" nr. 7, 1982.

alcalini solizi devine unul continuu, agravînd astfel neajunsurile.

În cazul ortofosfaţilor de sodiu, dozajele, folosite, respectiv recomandate în reglementări, sînt de ordinul de mărime mg/kg; ele sînt exagerat de mari, lipsite de o fundamentare teoretică şi au fost preluate, rutinier, din practica exploatărilor avînd cazane de abur cu performanţe modeste.

Drept *agent alcalin volatil* se foloseşte, practic, numai o soluţie amoniacală diluată, adăugată apei în cantităţi corespunzătoare valorii *p*H de realizat.

Determinarea valorii *p*H într-o probă de apă, la 25°C, nu poate, ca atare, să furnizeze o indicaţie directă privind situaţia existentă în condiţiile de temperatură din generatorul de apă. Valoarea constantei de ionizare a hidroxidului de amoniu la temperatura ambiantă este de circa $1{,}8 \cdot 10^{-5}$; la 310°C, de pildă, ea are valoarea de circa 10^{-7}, adică este de aproximativ 180 de ori mai mică. În aceeaşi proporţie se micşorează cantitatea de ioni OH^- disponibilă pentru neutralizarea ionilor H^+ prezenţi şi posibilitatea creării unui mediu alcalin, neagresiv faţă de straturile oxidice protectoare de pe suprafeţele metalului în contact cu apa.

Valoarea $pH \geqslant 9$, recomandată în unele reglementări, măsurată la 25°C, se realizează cu un adaos de circa 0,1 mg NH_3/kg sau $5{,}88 \cdot 10^{-6}$ mol/kg; la 310°C concentraţia ionilor OH^- formaţi din această cantitate de amoniac este de numai 3.10^{-8} mol/kg, putînd neutraliza bineînţeles, numai o aceeaşi cantitate infimă de ioni H^+. Pe de altă parte, realizarea de valori *p*H mai mari implică dozaje prohibitiv de mari de amoniac; de pildă un $pH = 9{,}5$ realizat în *apa din generatorul de abur* ar necesita un consum de 1,8 g amoniac/kg de adăugat în apa de alimentare.

Adaosuri necorespunzător de mari de amoniac pot provoca efecte de destabilizare ale straturilor oxidice protectoare de cupru, de pe ţevile condensatoarelor de abur, perturbînd formarea unor straturi compacte, subţiri şi stabile.

La această situaţie se mai adaugă, drept neajuns, un factor de natură calitativă: el este independent de mărimea dozajului de amoniac şi este determinat de natura acidului organic volatil, din apă, provenit din poluarea sursei de către reziduurile lichide industriale. Nereţinute în procesul de demineralizare, aceste substanţe apar ca acizi slabi sau sînt de natură neionogenă, care prin descompunere hidrotermică dau naştere la acizi (organici sau chiar anorganici). Caracteristicile lor fizico-chimice determină la vaporizarea apei, comportarea lor în straturile limită apă/abur faţă de agentul de alcalinizare volatil.

Pentru a crea un mediu neagresiv faţă de straturile oxidice protectoare de pe metal, acidul volatil trebuie să treacă preferenţial din stratul-limită lichid în stratul-limită abur, în raport cu amoniacul (sau cu alt agent de alcalinizare volatil). Stratul-limită apă păstrează astfel un caracter alcalin, neagresiv. În stratul-limită abur va trece preferenţial substanţa volatilă, care, la temperatura respectivă, are constanta de ionizare cu valoare mai mare.

Acizii organici poluanţi din apă, inofensivi faţă de schimbătorii anionici puternic bazici, au, ca şi amoniacul, valori ale constantei de ionizare (la 25°C) în general de ordinul 10^{-5}. Amoniacul nu are, prin urmare, în multe cazuri, un efect sigur de protecţie a straturilor oxidice formate în ţevile generatoarelor de abur.

La valori egale ale constantelor de ionizare, dintre substanţele volatile prezente în apă, va trece preferenţial, la vaporizare, în stratul-limită abur aceea care posedă cea mai mare viteză de difuziune. Această viteză este, la rîndul ei, invers proporţională cu valoarea rădăcinii pătrate a greutăţii specifice, în stare de gaz, a substanţei respective. În stratul-limită abur va trece deci preferenţial substanţa care are cea mai mică valoare a acestei caracteristici. Impurităţile organice din apă, amintite mai înainte, au în general valori mai mari ale acestei caracteristici decît amoniacul; acesta va trece preferenţial, la vaporizare, în stratul-limită abur iar stratul-limită apă îşi păstrează caracterul acid, agresiv, faţă de straturile oxidice protectoare.

Efectul urmărit prin dozarea de amoniac, aşa cum este executată în regimurile chimice ale apei propuse în prezentul studiu, se limitează la partea „rece" a circuitului termic al apei, respectiv condensatorul şi prima treaptă de preîncălzire a apei de alimentare; în partea „caldă" a circuitului termic al apei şi în generatorul de abur, menţinerea unei valori *p*H anumite nu are nici un sens.

În unele reglementări, valoarea *p*H a apei generatorului de abur este limitată pentru a evita un efect dăunător al alcalinităţii asupra aliajelor de cupru din echipamentul termomecanic al circuitului apei.

Un agent de alcalinizare a apei, volatil la temperatura de fierbere a apei, este piperidina; bazicitatea sa este mai mare decît cea a amoniacului şi el este recomandat ca o alternativă, folosirea lui prezentînd avantaje economice. Tabelul 1 prezintă, comparativ, consumurile specifice ale amoniacului şi ale piperidinei, pentru a realiza anumite valori *p*H.

Consumul specific mai mic de piperidină, faţă de amoniac, nu este un avantaj determinant, ci el trebuie pus în balanţă cu criteriul calitativ menţionat mai înainte şi anume: comportarea agenţilor alcalini volatili la neutralizarea unor

acizi organici volatili, în straturile-limită apă și abur, în condițiile din generatorul de abur.

Tabelul 2 dă, comparativ, unele caracteristici fizice ale celor două substanțe analizate. La vaporizarea apei piperidina va trece, preferențial în stratul-limită abur, în mai multe

Tabelul 1

Consumurile specifice pentru realizarea unui pH dat

*p*H de realizat	Amoniac		Piperidină	
	mol/kg	mg/kg	mol/kg	mg/kg
9	$5,88 \cdot 10^{-6}$	0,1	$5,88 \cdot 10^{-7}$	0,05
9,5	$5,88 \cdot 10^{-5}$	1	$5,88 \cdot 10^{-6}$	0,5
10	$5,88 \cdot 10^{-4}$	10	$5,88 \cdot 10^{-5}$	5

Tabelul 2

Caracteristici fizice ale unor baze volatile

Substanța	Formula	K_2, °C	Greutatea specifică ca gaz	Valoarea $\sqrt{\text{Gr. sp. gaz}}$
Amoniac	NH_3	$1,77 \cdot 10^{-5}$	0,760	0,872
Piperidină	$CH_2(CH_2)NH$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	3,80	1,95

cazuri decît amoniacul. În prezența acelorași impurități solubile (acizi organici) din apă, bazicitatea mai mare a piperidinei este, de fapt, un neajuns, față de amoniac și nu un avantaj.

Comparînd vitezele de difuziune în stare gazoasă ale acestor două substanțe, exprimate prin valoarea rădăcinii pătrate a greutăților specifice, ca gaz (vezi tabelul 2), apare avantajul piperidinei față de amoniac. În prezența acelorași impurități organice în apă, în mai multe situații ivite în exploatare, piperidina *nu* va trece preferențial, la vaporizare, în faza-limită abur, conferind deci fazei limită lichid o reacție alcalină, neagresivă față de straturile oxidice protectoare (formate aici în mod spontan).

Acestea sînt însă comportări specifice, depinzînd de natura chimică a substanțelor organice poluante prezente în apa generatorului de abur. O generalizare a priori nu este justificată, iar identificarea speciilor de poluanți depășește, de regulă, prin complexitatea ei posibilitățile exploatării. Folosirea unui agent alcalin, volatil, în general sau a unuia anumit, în special pentru neutralizarea și alcalinizarea apei generatorului de abur, își pierde rațiunea.

Prevenirea sigură a neajunsurilor în exploatare se realizează numai prin măsurile tehnice de tratare a apei menționate la început; soluția tehnică corectă — care suprimă intervențiile sporadice sau continue de remediere de felul celor discutate aici — se adevereşte în timp ca fiind și cea mai economică.

Structura reglementărilor trebuie să corespundă acestei concepții.

Surse de impurități solide, în suspensie în apa de alimentare a generatoarelor de abur pot fi rezervoarele de apă de adaos demineralizată sau de apă de alimentare (prin produse de coroziune) și pătrunderile de apă de răcire în condensat, care vin și cu un aport de impurități solubile. Ca posibilități de prevenire a acestor neajunsuri menționăm : căptușirea rezervoarelor de apă și a conductelor de transport cu materiale nemetalice, necorodabile, iar pentru condensatul recuperat, măsurile tehnice amintite mai înainte.

*

Apa de alimentare a generatoarelor de abur din centralele termice nucleare cu apă sub presiune și respectiv cu apă fierbinte, va fi condiționată la intrarea ei în circuitul termic, în același mod ca în centralele termice convenționale echipate cu cazane de mare productivitate.

În alternativă, aceste moduri de condiționare sînt :

Regim chimic alcalin raționalizat

El se aplică în cazul existenței în circuitul termic al apei a echipamentelor din oțel-carbon și din aliaje de cupru. La intrarea apei în circuitul termic se vor realiza și se vor menține condițiile :

*p*H la 25°C	pînă la 9
Potențial redox	+250 mV la +350 mV

Valorile *p*H se realizează prin dozarea unei soluții amoniacale diluate.

Potențialul redox pozitiv este asigurat prin măsuri tehnice :

— lipsa din apă a oricăror impurități solubile avînd caracter reducător;

— suprimarea adaosului de hidrazină în apa de alimentare;

— prezența în apă a unei cantități mici, reziduale de oxigen dizolvat.

Dacă prin aceste măsuri nu se poate realiza potențialul redox pozitiv necesar, trebuie aplicată varianta următoare.

Caracteristicile *p*H și potențial redox, controlate prin măsurători, vor fi coordonate prin localizarea lor în diagrame electrochimice (diagrame Pourbaix) simplificate, pentru fier și pentru cupru. Localizarea trebuie să se situeze în zona de stabilitate termodinamică a metalelor respective.

Regim chimic cu dozare de oxigen

El se aplică ca și în cazul precedent, prezentînd însă avantaje asupra regimului alcalin.

Condițiile de îndeplinit și de menținut sînt :

*p*H, la 25°C	7,6 la 8,5
Potențial redox	+300 mV la + 400 mV

Valorile *p*H se realizează prin dozarea unei soluții amoniacale diluate.

Potențialul redox pozitiv este asigurat prin:

— lipsa din apa de alimentare a impurităților cu caracter reducător;

— suprimarea adaosului de hidrazină;

— dozarea unei soluții diluate de H_2O_2, odată cu soluția amoniacală.

Rezultatele măsurătorilor de *p*H și potențial redox vor fi coordonate prin localizarea lor în diagrame electrochimice, simplificate, pentru fier și pentru cupru.

Regim chimic neutru cu dozare de oxigen

Acest regim se poate aplica în cazul în care echipamentul termomecanic al circuitului termic al apei este constituit numai din oțel.

La intrarea apei în circuitul termic se vor realiza și se vor menține condițiile:

*p*H, la 25°C	6,85 la 7
Potențial redox	$\geqslant +300$ mV

Cele două caracteristici vor fi coordonate prin localizarea lor într-o diagramă electrochimică simplificată, pentru fier.

Degazorul termic, de presiune, poate fi transformat, în cele două variante de regim chimic cu dozare de oxigen, într-o treaptă de încălzire prin amestec a apei de alimentare.

Un adaos de soluție amoniacală este eventual uneori necesar pentru a neutraliza acidul carbonic din apă, provenit din „scăpări" ale schimbătorului anionic puternic bazic. Punctul de echivalență al acestei neutralizări corespunde, teoretic, la *p*H = 6,85. Adaosul de amoniac are loc odată cu dozarea soluției de H_2O_2.

Problematica expusă în prezentul articol, precum și într-un alt studiu, amintit anterior, poate constitui o bază de discuție pentru întocmirea unor reglementări ale regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur din centralele termice, fundamentate pe concepțiile noi din acest domeniu.

Bibliografie

[1] Stanisavlievici, L. *Aspecte ale pretratării apei pentru cazane de presiune înaltă.* În: Energetica, 22, nr. 4, 1974.

[2] Stanisavlievici, L. *Regimul chimic neutru al apei, cu dozare de oxigen.* În: Energetica, 23, nr. 2, 1975.

[3] Stanisavlievici, L. *Regimul chimic alcalin al apei și folosirea hidrazinei.* În: Energetica, 25, nr. 9, 1977.

[4] Stanisavlievici, L. *Regimurile chimice ale apei pentru cazane.* În: Energetica, 26, nr. 9, 1978.

[5] Stanisavlievici, L. *Alcalinizarea fazei lichide la temperaturile apei din cazan.* În: Energetica, 27, nr. 10, 1979.

(Articol intrat în redacție la 6 iulie 1982)

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

Considerații privitoare la aportul energetic al turnurilor de răcire la funcționarea circuitului de răcire al unei CTE

Ing. C. Dumitru *)

În vederea atingerii scopului urmărit, și anume de a produce mai multă energie electrică pe baza unui consum de combustibil cît mai mic, este necesar printre altele să dispunem de un debit suficient de apă de răcire, avînd o temperatură cît mai coborîtă, pentru alimentarea condensatoarelor și a răcitoarelor auxiliare ale centralei electrice.

Se știe că din cauza imposibilității alimentării permanente cu apă de răcire în circuit deschis, o mare parte dintre centralele termoelectrice ale țării noastre dispun de turnuri de răcire cu tiraj natural (cu coș de tiraj) sau cu tiraj forțat (cu ventilator). Astfel turnurile de răcire pot prelua întreaga căldură reziduală din apa de răcire (circuit închis) sau o parte din aceasta (circuit mixt).

Circuitele de răcire de tip deschis sau închis pot fi considerate cazuri particulare ale celui mixt. De aceea în articolul de față se va studia funcționarea turnurilor de răcire în contextul acestui din urmă tip de circuit.

De regulă, în condițiile în care apa rîului în amonte de termocentrală nu este poluată termic, aceasta va avea o temperatură mai scăzută decît cea recirculată și răcită de turnuri [1]. De aceea resursele de apă ale rîului se consideră că vor fi folosite cu prioritate pînă la limita admisă de normele de gospodărire a apelor și de evitare a poluării termice. Există și situații în care apa proaspătă de rîu nu se poate folosi pe măsura debitului disponibil al acestuia, fie din cauza calității necorespunzătoare a acestei ape (conținut mare de suspensii și plutitori etc.), fie din cauza indisponibilității unor echipamente de pe circuitul de răcire (baraj, priză, denisipator, grătare, site etc.). De aceea restul debitului de apă de răcire, pînă la satisfacerea necesarului momentan al termocentralei, se acoperă prin recircularea și răcirea în turnuri de răcire, la care se adaugă,

*) Ing. Constantin Dumitru lucrează la ICEMENERG.

după necesități, un anumit debit de apă recirculat fără răcire (amestec).

Scopul lucrării este acela de a stabili un model de calcul simplu al temperaturilor caracteristice (pe circuitul de răcire și la condensator), cît și de a evidenția aportul turnurilor de răcire la stabilirea valorilor acestor temperaturi, respectiv influența turnurilor asupra consumului de combustibil.

1. Determinarea temperaturilor caracteristice

În cele ce urmează se va considera, pentru simplificare, o schemă bloc condensator-turn de răcire, ca în figura 1. Concluziile rezultate

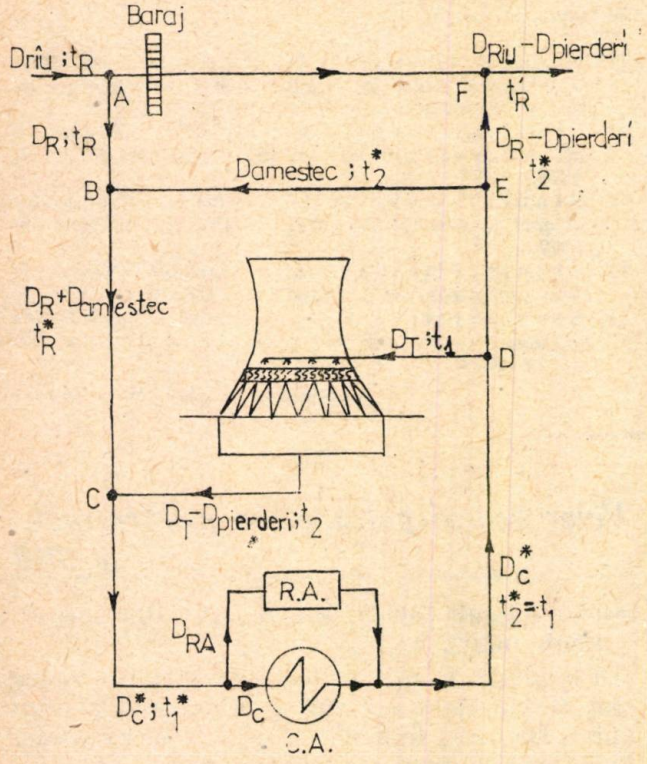


Fig. 1. Schema de principiu a circuitului mixt de răcire cu amestec: *RA* — răcitor auxiliar; *CA* — condensatorul de abur al turbinei.

vor fi valabile prin extrapolare la întregul circuit de răcire (echipat cu mai multe turnuri de răcire și mai multe condensatoare), cu observațiile de rigoare, acolo unde ele se impun.

Mai departe se va determina intervalul de răcire al apei în turnul de răcire, temperatura apei asigurată de circuitul de răcire la intrarea în condensator, precum și temperatura de condensare rezultată, în funcție de o serie de parametri ce se vor defini.

1.1. *Determinarea intervalului de răcire al apei în turnul de răcire*

Se presupune cazul general al circuitului mixt cu amestec. Se pleacă de la ecuația de bilanț al cantităților de căldură evacuate la sursa rece (la rîu și la turnul de răcire):

$$Q_C^* = Q_R + Q_T \tag{1}$$

Observație. Cu asterisc s-au marcat valorile care se referă la întregul debit de căldură sau de apă de răcire (adică nu numai condesatorul, ci și răcitoarele auxiliare).

Folosind notațiile din figura 1, respectiv din lista de notații a lucrării, relația (1) se poate scrie:

$$\underbrace{D_C^*(t_2^* - t_1^*)}_{Q_C^*} = \underbrace{(D_R - D_{pierderi}) \cdot t_2^* - D_R \cdot t_R}_{Q_R} + \underbrace{D_T \cdot t_1 - (D_T - D_{pierderi}) \cdot t_2}_{Q_T} \tag{2}$$

unde:

$$D_C^* = D_R + D_T + D_{amestec} - D_{pierderi} \tag{3}$$

Pentru ușurarea calculelor și sintetizarea rezultatelor se introduc următorii parametri:

$$\Omega = \frac{D}{D_T + D_R + D_{amestec} - D_{pierderi}} = \frac{D_R}{D_C^*} =$$

$$= \text{cota de aport al rîului} \tag{4}$$

$$\psi = \frac{D_T}{D_T + D_R + D_{amestec} - D_{pierderi}} = \frac{D_T}{D_C^*} =$$

$$= \text{cota de aport al turnului} \tag{5}$$

$$\chi = \frac{D_{amestec}}{D_T + D_R + D_{amestec} - D_{pierderi}} = \frac{D_{amestec}}{D_C^*} =$$

$$= \text{cota de amestec} \tag{6}$$

$$g_{pierderi} = g_{ev} + g_{antr} + g_{neet} = \frac{D_{pierderi}}{D_T} =$$

$$= \text{cota pierderilor prin evaporare, antrenare și neetanșeități} \tag{7}$$

Din figura 1 se vede că $t_2^* = t_1 = t_2 + \Delta t_T$ și, utilizînd parametrii definiți mai sus, rezultă expresia de calcul al intervalului de răcire a apei în turnul de răcire:

$$\Delta t_T = \frac{\Delta t_c^* - \Omega \cdot (t_2 - t_R)}{\Omega + (1 - g_{pierderi}) \cdot \psi} \tag{8}$$

Pentru calculul lui g_{ev} din relația (7) și, respectiv, al mărimii $g_{pierderi}$ se poate folosi relația

dedusă în [2], de unde:

$$g_{pierderi} \approx$$

$$\approx \underbrace{0{,}01 \cdot (0{,}11 - 0{,}01167 \cdot \varphi_1 + 0{,}00157 \cdot \theta_1) \cdot \Delta t_T}_{\text{evaporare}} + \underbrace{+\ 0{,}01}_{\substack{\text{antrenare} \\ \text{picături și} \\ \text{neetanșeități}}} \qquad (9)$$

unde:

$$\Delta t_T \rightarrow [°C], \quad \theta_1 \rightarrow [°C] \text{ iar } \varphi_1 \leqslant 1.$$

Observație. În calculele necesare în practica exploatării se poate lua o valoare medie a lui $g_{pierderi}$ de ordinul 0,03(vezi și [3]), sau se poate chiar neglija, fără ca eroarea comisă asupra valorii lui Δt_T să fie prea mare.

În cazul în care funcționează mai multe turnuri de răcire în paralel și respectiv mai multe condensatoare în paralel, valorile Δt_T, Δt_c^* și t_2 vor fi medii ponderate ale valorilor individuale (bineînțeles cu condiția ca circuitul să realizeze homotermia debitului de apă la intrarea în sala mașinilor).

Dacă circuitul de răcire este închis sau deschis (cu sau fără amestec), formula (8) se particularizează corespunzător fiecărei situații: la circuit închis $\Omega = 0$, iar la circuit deschis $\psi = 0$.

Din analiza relației (8) rezultă că intervalul de răcire al apei în turnul de răcire (Δt_T), depinde de intervalul de încălzire al acesteia în centrală (Δt_c^*), precum și de debitul relativ prelevat din râu (Ω) și, respectiv, de debitul relativ trecut prin turn (ψ). Deoarece rapoartele Ω și ψ depind de debitul amestecat (în punctul B din fig. 1), rezultă că intervalul de răcire, Δt_T, este dependent și de amestec și deci de parametrul χ.

Suma celor trei parametri Ω, ψ și χ este aproximativ egală cu 1:

$$\Omega + \psi + \chi \simeq 1 \qquad (10)$$

Soluția ecuației (8) se găsește fie grafic fie prin iterații cu un program de calcul adecvat, cunoscînd funcția $t_2 = f(\Delta t_T, \theta_1, \varphi_1, r$, vînt, starea tehnică momentană etc.) pentru turnul de răcire în cauză.

Determinarea grafică presupune cunoscută diagrama de funcționare a turnului de răcire. Pentru exemplificare se prezintă două forme ale diagramei unui turn de răcire umed cu tiraj natural în contracurent. În figura 2*a* se prezintă $t_2 = f(\Delta t_T, \theta_1, \varphi_1, r)$, iar în figura 2*b* se prezintă $t_2 = f(t_1, \theta_1, \varphi_1, r)$. Prima formă a diagramei poate fi folosită mai ușor pentru determinarea grafică a soluției ecuației (8), iar forma 2*a*, este mai intuitivă și mai ușor de folosit pentru personalul de exploatare.

În figura 3 se prezintă modul de determinare grafică a lui t_2 și Δt_T. Curba punctată reprezintă același turn a cărui stare tehnică s-a înrăutățit (Δt_T scade și t_2 crește).

Rezultă că în cazul circuitului de răcire mixt, intervalul de răcire în turn, respectiv sarcina termică preluată de turnul de răcire este dependentă și de starea tehnică momentană a turnului de răcire.

În cazul circuitului real, care comportă mai multe turnuri de răcire dispuse în paralel, fiecare turn va prelua o sarcină termică corespunzătoare concepției sale și stării sale tehnice momenta e.

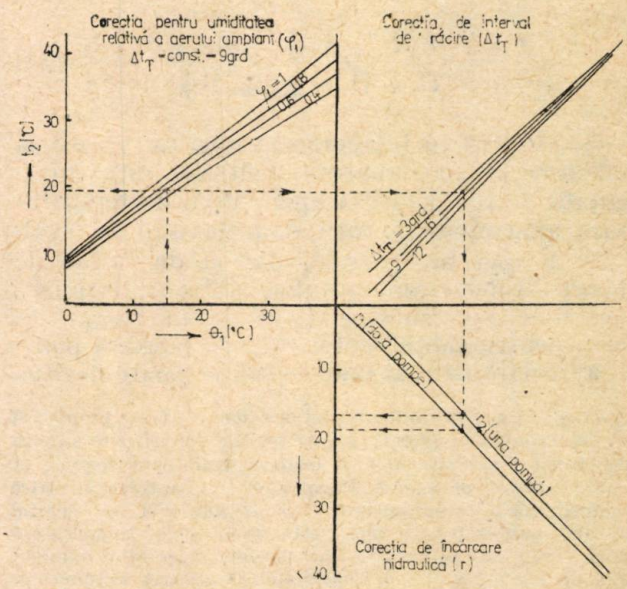


Fig. 2*a*. Diagrama de funcționare a unui turn de răcire cu tiraj natural în contracurent, valabilă în condiții de calm (vînt = zero); $t_2 = f(\Delta t_T, \theta_1, \varphi_1, r)$.

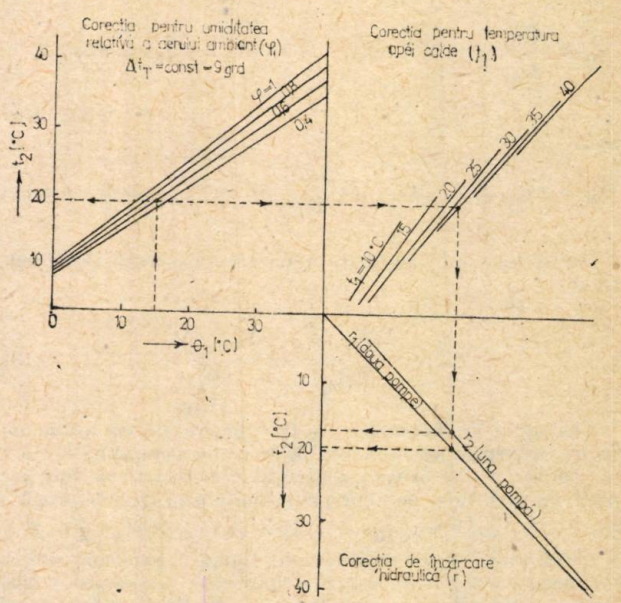


Fig. 2*b*. Diagrama de funcționare a aceluiași turn de răcire funcționînd în aceleași condiții ca în figura 2*a*; $t_2 = f(t_1, \theta_1, \varphi_1, r)$.

1.2. *Determinarea temperaturii apei asigurate de circuitul de răcire*

În studiul comportării circuitului de răcire în diferite situații este de mare importanță cunoașterea temperaturii apei de răcire asigu-

rate la intrarea în instalațiile centralei (t_1^*). Prin efectuarea bilanțurilor termice în punctele B și C din figura 1 sau plecînd de la ecuația (2) de bilanț general al cantităților de căldură, unde se înlocuiește $t_2^* = t_1^* + \Delta t_c^*$, se obține, pentru cazul circuitului de răcire mixt cu amestec, următoarea relație de calcul al acestei temperaturi :

$$t_1^* = \frac{\chi \cdot \Delta t_c^* + \Omega \cdot t_R + (1 - g_{pierderi}) \cdot \psi \cdot t_2}{\Omega + (1 - g_{pierderi}) \cdot \psi} \quad (11)$$

Se observă că temperatura apei de răcire la intrarea în consumatorii centralei este influențată de temperatura apei rîului, de temperatura apei răcite de turn, de intervalul de încălzire a apei în centrală, dar și de cotele de aport de debit ale turnului, rîului și, implicit, de cota de amestec ($\chi \simeq 1 - \Omega - \psi$). Și aici, pentru simplificare, cota de pierderi poate fi apreciată ca mai înainte sau se poate neglija.

Aplicație : Cu ajutorul modelului de calcul expus ne propunem să determinăm temperatura apei realizate în diferite situații de circuitul de răcire al unei termocentrale care dispune de patru turnuri de răcire. Presupunem că puterea electrică momentană a termocentralei este de 900 MW, iar debitul de apă necesar pentru răcire este de 43 m³/s. Temperatura apei rîului este $t_R = 15°C$, iar parametrii aerului ambiant sînt $\theta_1 = 20°C$; $\varphi_1 = 0{,}6$. Considerăm că intrarea în funcțiune a fiecărui turn de răcire se face la capacitatea hidraulică nominală a acestuia, și anume de 9 m³/s.

Pentru determinarea valorilor Δt_c^*, aferente fiecărui grup, s-a utilizat un model de calcul prezentat în [4], și anume :

$$\Delta t_{c_i}^* = \frac{P_{ni}}{D_{c_i}^*} [y_i(0{,}925 \cdot q_{ni} - 860) + 0{,}1 \cdot q_{ni} - 22] \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

unde :

$P_{ni} \rightarrow$ kW, $D_{c_i}^* \rightarrow$ t/h, $q_{ni} \rightarrow \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$, $\Delta t_{c_i}^* \rightarrow °C$, $y_i \rightarrow$ adimensional

Pentru calculul valorii corespunzătoare întregii termocentrale :

$$\Delta t_c^* = \frac{\Sigma D_{c_i}^* \cdot \Delta t_{c_i}^*}{\Sigma D_{c_i}^*} = \frac{\Sigma D_{c_i}^* \cdot \Delta t_{c_i}^*}{D_c^*} \quad (13)$$

Dispunînd de diagramele de funcționare ale turnurilor de răcire, transpuse ca în figura 3, se poate determina temperatura apei răcite în turn pentru diferite situații de funcționare ale circuitului de răcire, exprimate prin diferite drepte : $\Delta t_T = f(t_2,\ \Delta t_c^* = \text{ct.},\ t_R = \text{ct.},\ \Omega = \text{ct.},\ \psi = \text{ct.},\ \chi = \text{ct.})$.

Astfel s-a construit diagrama din figura 4, asemănătoare cu cea prezentată în [5], care ne furnizează temperatura apei reci asigurată de circuitul de răcire, în funcție de debitul prelevat din rîu (D_R), de numărul de turnuri în funcțiune și, implicit, în funcție de debitul amestecat, astfel ca să se completeze necesarul de debit de apă al termocentralei.

Curba superioară din figura 4 reprezintă funcționarea circuitului fără aportul turnurilor de răcire (numai cu apă de rîu și cu amestec). Prin punerea în funcțiune a unui turn de răcire (a 2-a curbă de sus) și apoi pe rînd și a celorlalte, se vede cum temperatura apei scade.

Se observă că cu cît debitul prelevat din rîu se micșorează mai mult, cu atît devine mai necesară intrarea în funcțiune a turnurilor de răcire, realizînd în acest mod substanțiale scăderi ale temperaturii apei, t_1^*, asigurată de circuitul de răcire și reducîndu-se corespunzător valoarea debitului amestecat ($D_{amestec}$).

Totuși, la debite mari prelevate din rîu, apropiate de necesarul termocentralei, se observă că pornirea unui turn de răcire

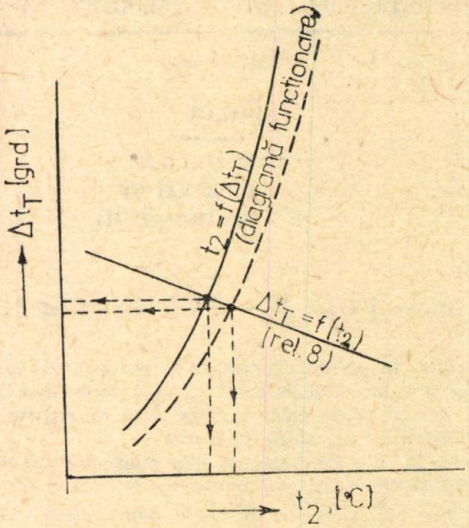


Fig. 3. Exemplu de determinare grafică a temperaturii apei răcite de turnul de răcire ($\theta_1 = \text{const.}$, $\varphi_1 = \text{const}$).

Observație. S-a reprezentat punctat diagrama aceluiași turn aflat în stare tehnică înrăutățită.

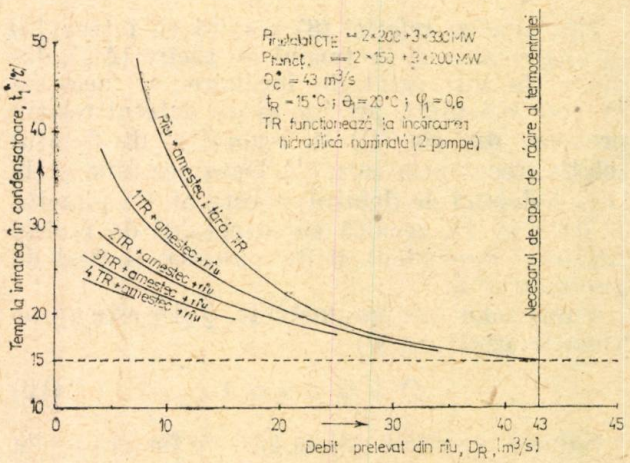


Fig. 4. Determinarea temperaturii apei de răcire la intrarea în condensatoare în funcție de regimul de funcționare a circuitului hidrotehnic : TR — turn de răcire.

poate fi total neeconomică, deoarece micșorarea temperaturii apei este neinsemnată. În acest caz poate fi mai economică efectuarea amestecului decît punerea în funcțiune a unui turn de răcire.

1.3. *Determinarea temperaturii apei evacuate la rîu*

Folosind schema din figura 1, precum și relația de calcul (8) rezultă că temperatura apei, t_2^*, la evacuarea către rîu, va fi :

$$t_2^* = \frac{\Delta t_c^* + \Omega \cdot t_R + (1 - g_{pierderi}) \cdot \psi \cdot t_2}{\Omega + (1 - g_{pierderi}) \cdot \psi} \quad (14)$$

Pentru a menține valoarea t_2^* în limitele admise de reglementările pentru evitarea poluării termice, va trebui ca:

— să se micșoreze valoarea temperaturii apei răcite de turnuri (t_2), prin introducerea în schema momentană de funcționare, a turnurilor de răcire celor mai performante, precum și menținerea acestora în stare tehnică corespunzătoare. Dacă turnul de răcire își înrăutățește starea tehnică în timp (curba punctată din figura 3), rîul va prelua automat diferența de încărcare termică (pe baza creșterii nivelului temperaturilor apei în circuit și, respectiv, la evacuarea în rîu), cu implicațiile de rigoare asupra economicității funcționării și asupra poluării termice a emisarului. Rezultă că o centrală care dispune de turnuri de răcire cu performanțe bune va putea respecta mai ușor restricțiile impuse de poluarea termică;

— să se micșoreze amestecul ($D_{amestec}$), adică să se mărească valoarea numitorului relației (14), fiind știut că: $\Omega + (1 - g_{pierderi})\,\psi \simeq 1 - \chi$;

— să se mărească cota de debit prelevat din rîu (Ω);

— să se micșoreze valoarea Δt_c^*, a creșterii temperaturii apei de răcire în termocentrală. Acest lucru necesită însă reducerea puterii produse și de aceea se consideră că nu poate fi luată în considerare decît după epuizarea celorlalte măsuri.

Dacă restricțiile impun și nedepășirea unui *interval prestabilit al creșterii temperaturii apei rîului* între amonte și aval de termocentrală, atunci trebuie satisfăcută și următoarea relație, dedusă prin neglijarea pierderilor de apă în termocentrală:

$$\Delta t_R = t'_R - t_R = \frac{D_R}{D_{Riu}}\,(t_2^* - t_R) \leqslant (\Delta t_R)_{max} \quad (15)$$

De data aceasta se observă că pentru scăderea valorii Δt_R se poate proceda fie la scăderea debitului D_R, fie la scăderea temperaturii apei evacuate din termocentrală (t_2^*).

În cazul în care se limitează *valoarea temperaturii apei rîului aval de termocentrală* atunci trebuie satisfăcută următoarea relație:

$$t'_R = t_R + \frac{D_R}{D_{Riu}}\,(t_2^* - t_R) \leqslant (t'_R)_{max} \quad (15\text{ bis})$$

În lucrarea [3] s-a determinat valoarea raportului D_R/D_{Riu} luînd diferite valori ale parametrilor ψ, Δt_c^* și r, iar ca limite maxime ale temperaturii t_R s-au considerat valorile de 32 și 33°C.

1.4. *Determinarea temperaturii de condensare*

Temperatura de condensare ce se stabilește în condensator pentru cazul general al circuitului mixt cu amestec va fi:

$$t_s = t_1^* + \Delta t_c + \delta t = \frac{\chi}{\Omega + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi}\cdot\Delta t_c^* + \frac{\Omega\cdot t_R + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi\cdot t_2}{\Omega + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi} + \left(1 + \frac{1}{e^{KS/cD_c} - 1}\right)\cdot\Delta t_c \quad (16)$$

Valoarea intervalului de încălzire a apei în condensatorul grupului i se va determina conform [4], și anume:

$$\Delta t_{c_i} = \frac{P_{ni}}{D_{c_i}^*}\,[y_i(0{,}925\ q_{ni} - 814) + 0{,}1\ q_{ni} - 13]\cdot 10^{-3} \quad (17)$$

unde:

$P_{ni} \rightarrow$ kW, $D_{c_i}^* \rightarrow$ t/h, $q_{ni} \rightarrow$ kcal/kWh, $\Delta t_{c_i} \rightarrow$ °C, $y_i \rightarrow$ adimensional

Valoarea corespunzătoare a lui Δt_c, pentru întreaga centrală, se determină printr-o formulă similară cu relația (13).

Relația de calcul (16) poate fi folosită la studierea sensibilității valorii temperaturii de condensare (t_s), față de diferiții parametri de interes: Δt_c, Δt_c^*, t_R, t_2, Ω, ψ, χ K, S, D_c.

Ne vom limita aici doar la studierea influenței pe care o are turnul de răcire asupra valorii temperaturii de condensare, și anume influența pe care o are valoarea temperaturii apei răcite de turn t_2. Pentru acesta se calculează derivata parțială a lui t_s, în raport cu t_2:

$$\frac{\partial t_s}{\partial t_2} \simeq \frac{\partial t_1^*}{\partial t_2} = \frac{(1 - g_{pierderi})\cdot\psi}{\Omega + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi} \quad (18)$$

Rezultă că modul în care valoarea temperaturii apei răcite de turnuri influențează temperatura de condensare este dependent de valorile parametrilor ψ, Ω (și respectiv χ).

Relația (18) a fost transpusă grafic în figura 5a și 5b. Din figura 5a se observă că cu cît factorul de aport al rîului, Ω, are o valoare mai mare, cu atît sensibilitatea temperaturii de condensare în raport cu valoarea temperaturii apei răcite de turnul de răcire este mai mică. Invers, pe măsură ce aportul turnului de răcire crește (ψ crește), cu atît sensibilitatea $\partial t_s/\partial t_2$ crește și ea (fig. 5*b*). De asemenea, se observă că la sarcină hidraulică constantă a turnurilor de răcire (ψ = ct.), sensibilitatea temperaturii de condensare față de t_2 crește pe măsură ce gradul de amestec χ crește. La limită, cînd $\Omega = 0$, se ajunge la

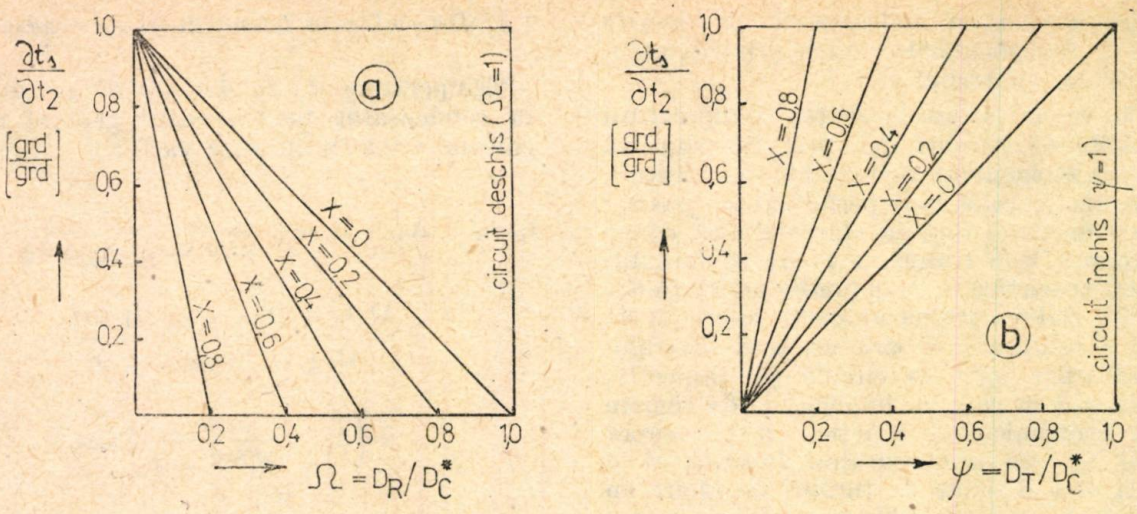


Fig. 5*a* și *b*. Sensibilitatea temperaturii de condensare la variația cu un grad a temperaturii apei răcite de turnuri, în situația circuitului de răcire mixt cu amestec.

situația circuitului închis fără aport de apă din exterior, cînd $\partial t_s/\partial t_2 = 1$. În această situație, variația cu un grad a temperaturii apei răcite de turnurile de răcire se regăsește în variația cu un grad a temperaturii de condensare.

Studiul funcțiilor $\partial t_s/\partial \psi$, $\partial t_s/\partial \Omega$ și $\partial t_s/\partial \chi$, este mai dificil, deoarece t_2 este funcție de acești parametri.

2. Stabilirea ordinii de prioritate a introducerii turnurilor de răcire în schema circuitului de răcire

Turnurile de răcire trebuie puse în funcțiune după necesități, în ordinea eficacității (performanței) lor. De aceea este necesară cunoașterea diagramelor de funcționare, actualizate din timp în timp, ale tuturor turnurilor. Acestea folosesc după cum am văzut și la determinarea temperaturilor caracteristice pe circuit și în condensator, dar și la predeterminarea prin calcul a efectului diferitelor manevre pe circuit.

O modalitate simplă pentru stabilirea priorității scoaterii din schemă a turnurilor de răcire este aceea de a calcula pe bază de măsurători consumul *specific de energie electrică al fiecărui turn de răcire* (i), adică a raportului dintre puterea electrică absorbită de motoarele pompelor și ventilatoarelor aferente turnului de răcire și debitul caloric evacuat de turnul de răcire (care la rîndul lui se poate exprima în unități de putere):

$$X = \frac{P_{ME\ pompe,\ ventilator}}{Q_{T_i}} = \frac{\sqrt{3}\cdot\Sigma\, U_i I_i \cdot \cos\varphi}{D_{T_i}\cdot c\cdot \Delta t_{T_i}} \quad (19)$$

Turnul de răcire care are valoarea X cea mai mare se va scoate primul din funcțiune, pe măsură ce disponibilul de apă de răcire pe rîu crește.

Observație

- Ar fi de dorit ca turnurile la care se aplică criteriul X, pentru comparație să realizeze valori t_2 relativ apropiate, dar și valori Δt_T relativ apropiate. Acest lucru este necesar pentru a nu exista diferențe mari între turnuri în ceea ce privește potențialul termic al căldurii evacuate de acestea.
- La stabilirea priorității introducerii turnurilor de răcire în schema circuitului, este necesară și cunoașterea performanțelor lor funcție de starea atmosferică momentană (vînt, inversiuni atmosferice etc.). Menționăm că această corecție diferă de la un turn de răcire la altul, în funcție de tipul turnului, de încărcarea lui hidraulică și termică și de așezarea în teren. Pentru aceasta sînt necesare măsurători de detaliu la fiecare turn de răcire, în diferite condiții de exploatare.

3. Filmul variației puterii turbogeneratorului și puterii cedate în sistem la punerea sau scoaterea din funcțiune a unui turn de răcire

O manevră economică pe circuitul de răcire (pornirea sau oprirea unei pompe sau a unui ventilator etc.), se finalizează fie prin creșterea energiei livrate în sistem (la același consum de combustibil), fie prin reducerea consumului de combustibil (la aceeași energie livrată în sistem). În cele ce urmează se consideră pentru simplificare că se păstrează constant consumul de combustibil, iar calitatea acestuia nu se schimbă de la un moment la altul astfel ca să putem măsura creșterile sau scăderile de putere, prilejuite numai de manevra în cauză.

3.1. *Cazul pornirii unei pompe sau a unui ventilator aferente unui turn de răcire*

Presupunem că manevra în cauză va conduce la reducerea temperaturii apei la intrarea în condensator. În figura 6*a* s-a prezentat schematic ce se petrece cu puterea generatorului electric, respectiv cu puterea livrată în sistem în acest caz. La momentul τ_0 se realizează pornirea motorului electric. Pînă în acest

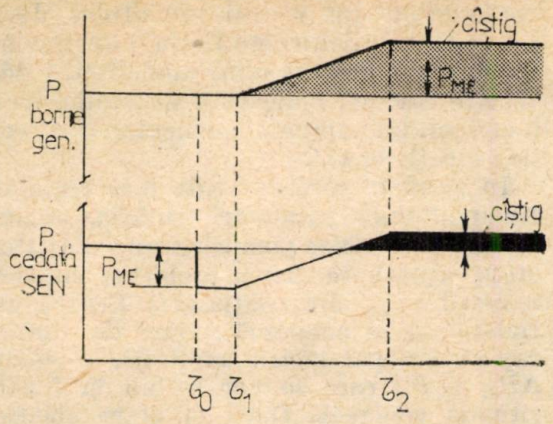


Fig. 6*a*. Filmul variației puterii turbogeneratorului și a puterii cedate în sistem la punerea în funcțiune a unei pompe sau a unui ventilator la turnul de răcire.

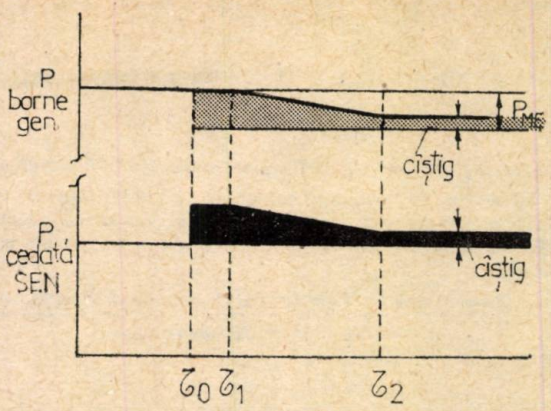


Fig. 6*b*. Filmul variației puterii turbogeneratorului și a puterii cedate în sistem la oprirea unei pompe sau a unui ventilator la turnul de răcire.

moment atît puterea turbogeneratorului cît și puterea cedată sistemului sînt constante. Deoarece în primele momente după pornirea pompei, puterea turbogeneratorului rămîne constantă (din cauza menținerii constante a consumului de combustibil și din cauza inerției circuitului de răcire), se poate considera că puterea cedată sistemului energetic scade cu valoarea corespunzătoare puterii cerute de motorul electric pus în funcțiune. Această reducere a puterii cedate sistemului se menține constantă pînă la momentul τ_1, cînd temperatura apei la intrarea în condensatorul turbinei începe să se micșoreze. Acest lucru va produce scăderea presiunii în condensator și deci creșterea puterii turbinei. Ca urmare atît puterea turbogeneratorului cît și puterea cedată în sistem încep să crească pînă ce regimul tranzitoriu se încheie (temperatura apei de răcire la intrarea în condensator se stabilizează la o anumită valoare). Din acest moment τ_2, variația puterilor încetează. Manevra de pornire a motorului electric al pompei sau ventilatorului a fost favorabilă, deoarece creșterea puterii turbogeneratorului a depășit pe cea a motorului electric în cauză, iar în final s-a înregistrat o creștere a puterii cedate în sistem față de situația anterioară momentului τ_0.

3.2. *Cazul opririi unei pompe sau a unui ventilator ce deservesc turnul de răcire*

Deși, ca urmare a opririi pompei sau ventilatorului, temperatura apei la intrarea în condensator va crește, presupunem că totuși manevra este economică. Filmul variației puterii generatorului și a celei cedate în sistem se prezintă ca în figura 6*b*. De data aceasta puterea turbogeneratorului va scădea, dar cu o valoare mai mică decît cea a motorului electric scos din funcțiune, iar puterea cedată în sistem crește cu diferența dintre puterea motorului electric și valoarea variației puterii turbogeneratorului.

4. Stabilirea variantei optime de funcționare momentană a circuitului de răcire

Considerațiile din capitolul 3 sînt necesare în general pentru determinarea ulterioară a economicității manevrei efectuate, determinare care nu se poate face întotdeauna cu precizie, numai pe baza urmăririi puterii produse, mai ales în cazul termocentralelor alimentate cu cărbune, unde pulsațiile de putere sînt mari. Se pune problema însă de a cunoaște dinainte oportunitatea manevrei, cu alte cuvinte de a stabili aprioric, în fiecare moment, configurația optimă a schemei de funcționare a circuitului de răcire. Pentru aceasta trebuie să dispunem, pe lîngă datele curente de exploatare, de diagramele de funcționare ale turnurilor de răcire (transpuse eventual și sub formă de relații de calcul), de curbele de corecție ale consumului specific sau puterii turbogeneratoarelor funcție de temperatura apei de răcire sau temperatura de condensare etc.

În cele ce urmează se presupun cunoscute corecțiile de consum specific ale turbogeneratoarelor funcție de variația temperaturii apei de răcire [6].

În cazul efectuării unei manevre în circuit care afectează temperatura apei de răcire și consumul specific al centralei, se calculează variația consumului specific pentru fiecare grup în parte, notat cu indicele i :

$$\Delta q_i = \frac{\partial q_i}{\partial t_1^*} \cdot \delta t_1^* \qquad (20)$$

Valoarea $\partial q_i/\partial t_1^*$ se determină fie utilizînd diagramele de corecție ale consumului specific, fie prin derivarea funcției $\Delta q_i = f(t_1^*)$, dacă aceasta se cunoaște. Trebuie să se țină seama și de faptul că $\partial q_i/\partial t_1^*$ depinde și de starea momentană de murdărire a condensatorului. Ca exemplu, pentru starea de proiect a condensatorului unui grup de 200 MW, s-a dedus

următoarea relație pentru $\partial q_i/\partial t_1^*$, avînd în vedere și lucrarea [6]:

$$\frac{\partial q_i}{\partial t_1^*} = [1 + 0{,}162(1-y) + 1{,}282(1-y)^2][3 + 0{,}38(t_1^* - 15) + 0{,}009(t_1^* - 15)^2] \quad (21)$$

Valoarea δt_1^* se determină fie prin măsurători, după efectuarea manevrei, fie prin antecalcul, făcînd diferența între temperatura apei de răcire existentă și cea care se va stabili după efectuarea manevrei. Aceasta din urmă se va calcula cu formula (11):

$$t_{1nou}^* = \frac{\chi_{nou}\,\Delta t_{c.nou}^* + \Omega_{nou}\cdot t_R + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi_{nou}\cdot t_{2.nou}}{\Omega_{nou} + (1 - g_{pierderi})\cdot\psi_{nou}}$$

Trebuie avut în vedere ca:

$$t_{2.nou}^* = t_{1.nou}^* + \Delta t_{c.nou}^*$$

să nu depășească valoarea limită maximă stabilită pentru evitarea poluării termice.

La fel și valoarea:

$$(\Delta t_R)_{nou} = \left(\frac{D_R}{D_{Riu}}\right)_{nou}\cdot(t_{2.nou}^* - t_R)$$

trebuie să se încadreze în limita admisă de norme.

Considerînd constantă energia livrată în sistem, rezultă variația cantității de combustibil consumată de termocentrală și care se datorează manevrei amintite mai sus:

$$\Delta C_{brut} = \frac{1}{7000}\cdot\sum_{i=1}^{n} P_i\cdot\Delta q_i\cdot\frac{1}{\eta_{cazan}\cdot\eta_{cond}(1-\varepsilon_{SI})}, \left[\frac{\text{kg c.c.}}{\text{h}}\right] \quad (22)$$

unde: $P_i \rightarrow$ kW, $\Delta q_i \rightarrow$ kcal/kWh, 7000 — puterea calorică a combustibilului, kcal/kg c.c.

Deoarece manevra presupune variația consumului serviciilor interne rezultă că:

$$\Delta C_{SI} \simeq \frac{1}{7000}\cdot\Delta P_{SI}\cdot q\cdot\frac{1}{\eta_{cazan}\cdot\eta_{cond}(1-\varepsilon_{SI})}, \left[\frac{\text{kg. c.c.}}{\text{h}}\right] \quad (23)$$

unde: $\Delta P_{SI} \rightarrow$ kW, $q_i \rightarrow$ kcal/kWh.

Rezultă că economia netă orară (sau pierderea netă orară) de combustibil prin efectuarea manevrei în cauză va fi:

$$\Delta C_{net} = \frac{1}{7000}\cdot\frac{1}{\eta_{cazan}\cdot\eta_{cond}(1-\varepsilon_{SI})}\left[\sum_{i=1}^{n} P_i\cdot\Delta q_i - \Delta P_{SI}\cdot q\right] \left[\frac{\text{kg c.c.}}{\text{h}}\right] \quad (24)$$

Relația (24) furnizează cantitatea de combustibil economisită sau pierdută orar, dacă se efectuează o manevră oportună sau nu în cadrul circuitului de răcire.

Ca modalitate de lucru, în vederea obținerii schemei optime, s-ar putea indica aceea de a stabili la fiecare situație concretă (putere a centralei, debit pe rîu, temperaturi ale aerului și apei rîului, număr de turnuri în funcțiune etc.), oportunitatea pornirii sau opririi oricărui consumator din cadrul circuitului de răcire (pompă, ventilator etc.). Cu alte cuvinte va trebui să se predetermine modalitatea de funcționare cea mai indicată a sistemului de răcire (configurația optimă momentană a schemei de funcționare).

În cazul în care se poate face reglajul continuu al unor parametri (turația, unghiul de înclinare a palelor pompelor sau ventilatoarelor etc.), atunci se pune problema maximizării mărimii ΔC_{net} din relația (24). Pentru aceasta trebuie să se cunoască modul de variație, în raport cu parametrii amintiți, a mărimilor ΔP_{SI} și P_i, care se vor stabili în funcție de situația concretă. Dacă în afara cheltuielilor cu combustibilul centrala cheltuiește o sumă de bani pentru plata utilizării apei luate din rîu, atunci se va ține seama și de aceasta.

Toată problematica expusă mai sus se poate aborda pentru fiecare termocentrală în parte, cu *elaborarea unui program de calcul al întregului circuit de răcire al termocentralei*. Acest model de calcul presupune cunoscute toate diagramele de funcționare ale turnurilor de răcire, precum și caracteristicile celorlalte echipamente: condensatoare, pompe etc., toate transpuse sub formă analitică. Dacă se dispune de calculator electronic, programul de calcul urmează a fi rulat la diferite intervale de timp, pe măsură ce variabilele de intrare se schimbă (sarcina centralei, parametrii hidrometeorologici etc.), cu scopul stabilirii corecturilor ce trebuie aduse modului de funcționare pentru a-l îmbunătăți [8].

Concluzii

În lucrare se prezintă o metodologie în baza căreia se poate aborda calculul manual sau automat al diferitelor situații de funcționare a circuitului de răcire al unei termocentrale din R.S.R. S-a luat în considerare cazul general al circuitului de răcire mixt cu amestec, dar modelul de calcul se poate particulariza cu ușurință la circuitul deschis sau închis.

Se propun totodată două forme noi de prezentare a diagramelor de funcționare ale turnurilor de răcire cu tiraj natural, o metodă de stabilire a priorității introducerii turnurilor de răcire în schema circuitului (pe baza criteriului X) și se abordează problema stabilirii variantei optime momentane de funcționare a circuitului de răcire în condiții în care există sau nu restricții de poluare termică.

Lista de notații

Debite

D_T = debitul de apă la intrarea în turnul de răcire;
D_{Riu}, D_R = debitul rîului, respectiv debitul prelevat din rîu;
$D_{amestec}$ = debitul de apă caldă ce se amestecă cu cel rece;
$D_{ev}, D_{antr.}, D_{neet.}$ = debitele de apă pierdute prin evaporare în turn, prin antrenarea de picături și prin neetanșeitățile circuitului;
$D_{pierderi} = D_{ev} + D_{antr} + D_{neet}$ = debitul total de apă de răcire pierdut;

D_c, D_c^* = debitul de apă de răcire al condensatorului și respectiv debitul de apă de răcire total (inclusiv răcitoarele auxiliare ca : răcitoarele de ulei, răcitorul generatorului electric și al excitatricei, răcitoarele agregatelor auxiliare etc.) ;

g_{ev}, g_{antr}, g_{neet} = cota de pierderi prin evaporare, antrenare și neetanșeități ;

$r = D_T/S_{uprafața\ irigată}$ = densitatea de stropire a turnului ;

Ω, ψ, χ = cota parte adusă de rîu, de turn și respectiv de amestec la satisfacerea necesarului de debit de răcire al grupului (centralei) ;

Temperaturi

t_1, t_2 = temperatura apei la intrarea, respectiv ieșirea din turnul de răcire ;

t_1^*, t_2^* = temperatura apei la intrarea și ieșirea din centrală (condensator plus răcitoare auxiliare) ;

t_R, t_R' = temperatura apei rîului în amonte și în aval de termocentrală ;

t_s = temperatura de condensare ;

θ_1, τ_1 = temperaturile aerului la termometrul uscat și umed, la intrarea în turn ;

$\Delta t_T = t_1 - t_2$ = intervalul de răcire al apei în turnul de răcire ;

Δt_c, Δt_c^* = intervalul de încălzire a apei de răcire în condensator, respectiv considerînd și răcitoarele auxiliare ;

$\Delta t_{Riu} = t_R' - t_R$ = creșterea temperaturii apei rîului între amonte și aval de termocentrală ;

$\delta t = t_s - t_1$ = căderea termică sau ecartul terminal al condensatorului ;

δt_1^* = variația temperaturii apei de răcire la intrarea în consumatorii centralei.

Alte notații

Q_c, Q_c^* = debitul caloric evacuat în condensator, respectiv evacuat la sursa rece (inclusiv răcitoarele auxiliare) ;

Q_T, Q_R = debitul caloric evacuat prin turn și respectiv preluat de rîu ;

q_n, q = consumul specific nominal de căldură al turbogeneratorului și respectiv consumul specific momentan (al grupului sau centralei) ;

Δq = modificarea consumului specific de căldură al turbogeneratorului ;

c = căldura specifică a apei ;

ΔC_{brut}, ΔC_{net} = variația orară brută și respectiv netă a cererii de combustibil ;

ΔC_{SI} = variația consumurilor de combustibil din cauza variației consumului de energie electrică (sau combustibil) la serviciile interne ;

K = coeficient global de schimb de căldură în condensator ;

η_{cazan} = randamentul cazanului ;

$\eta_{cond.}$ = randamentul conductelor de abur ;

ε_{SI} = consumul serviciilor interne ($\varepsilon_{SI} < 1$) ;

P_n, P = puterea nominală, respectiv puterea momentană livrată la borne ;

$y = P/P_n$ = factorul de încărcare a grupului ;

ΔP_{SI} = variația puterii cerute de serviciile interne ;

$P_{ME\ pompe,\ ventilator}$ = puterea motoarelor electrice ale pompelor și ventilatoarelor ce deservesc turnul de răcire ;

φ = umiditatea relativă a aerului ambiant ($\varphi \leqslant 1$) ;

S = suprafața de schimb de căldură în condensator ;

$X = P_{ME\ pompe,\ ventilator}/Q_T$ = consumul specific de energie electrică al turnului ;

i = indice reprezentînd grupul la care se face calculul sau turnul de răcire la care se face calculul.

Bibliografie

[1] Moțoiu, C. *Alegerea capacității și a caracteristicilor turnurilor de răcire care funcționează în regim variabil.* În : Energetica 19, nr. 2, 1971.

[2] Dumitru, C. *Estimarea cantității de apă evaporată în turnurile de răcire.* În : Energetica 29, nr. 10, 1981.

[3] Moțoiu, C. *Poluarea termică — o problemă actuală a energeticii românești.* În : Energetica, 21, nr. 1, 1973.

[4] Moțoiu, C. *Variația unor temperaturi caracteristice în instalațiile unei centrale termoelectrice în funcție de încărcare.* În : Energetica 21, nr. 8, 1973.

[5] * * * *Turnuri de răcire. Note tehnice pentru centrale electrice.* M.E.E. — CIPPEET, București, 1973.

[6] Moțoiu, C. *Concluzii asupra metodelor de calcul al variației consumurilor specifice la turbinele de condensație datorită variației temperaturii sursei reci.* În : Studii și cercetări de energetică, nr. 1, 1972.

[7] * * * *Stabilirea performanțelor turnurilor de răcire de la IE Rovinari.* Lucrare de cercetare ICEMENERG — LCH, București, 1981.

[8] Gunewardana, D. R. ș.a. *Application of optimal prewiew control to power plant cooling systems.* În : Transations of the ASME, 162, vol. 101, iunie 1979.

(Articol intrat în redacție la 19 mai 1982)

Invenții-inovații*)

Regulator automat de tensiune pentru reglajul transformatoarelor

— Cerere de brevet : nr. 101 108
— Brevet România : nr. 77 835.

Autori : Ing. Vasile Budașcă, ing. Iuliu Boroș și tehn. Silviu Nicolae

Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) București

Invenția se referă la un regulator automat de tensiune pentru reglajul transformatoarelor sub sarcină, realizat pe baza utilizării circuitelor integrate, a tranzistoarelor cu siliciu precum și a componentelor pasive de tip profesional.

Soluția propusă a fost proiectată, experimentată și omologată în cadrul M.E.E.-ICEMENERG.

Ca aparate similare cunoscute se pot menționa :

— Regulatorul automat de tensiune RATT-3, fabricat în țară, la ICEMENERG, în perioada 1972—1779, dar scos din fabricație începînd cu 1979, datorită instabilității în funcționare reală.

— Regulatorul Gossen-Pentan.

— Regulatorul Siemens Rog. V. 901.

— Regulatorul ASEA, RCEA.

— Regulatorul AEG, Ts III.

— Regultorul polonez RRTT-21.

— Regulatorul Brush, STAR.

— Regulatorul sovietic Masenergo A RNT-3.

Toate aceste aparate prezintă următoarele dezavantaje :

— instabilitate în timp (deriva zonei de insensibilitate și a valorii de consemn) ;

— sortarea componentelor cu mare precizie ;

— instabilitatea funcționării la variații de temperatură ;

— fixarea tensiunii de consemn prin procente din tensiunea nominală.

Soluția propusă înlătură aceste dezavantaje, adăugînd noi îmbunătățiri :

— reducerea dimensiunilor de gabarit ;

— reducerea greutății și a consumului de metal ;

— trecerea la o schemă modernă, cu circuite integrate, tranzistoare cu siliciu și componente pasive profesionale ;

— limitarea domeniului de acționare la o gamă de tensiuni uzuală, evitîndu-se astfel regimurile de funcționare forțate la transformatoarele comandate de regulator ;

— simplificarea citirilor și a programărilor regulatorului.

În cele ce urmează este descrisă schema bloc pentru realizarea invenției, prezentată în figura 1.

*) Rubrică întocmită de ing. Constantin Văideanu— ICEMENERG.

Conform invenției aparatul cuprinde următoarele blocuri :

— Blocul de adaptare, *1*, care realizează adaptarea semnalului de intrare provenit de la transformatorul de măsură din sistem, la un nivel acceptabil pentru atacul blocului următor, realizînd totodată separarea galvanică a aparatului de restul instalației.

— Blocul redresor-filtru, *2*, care preia semnalul furnizat de blocul *1*, îl redresează într-un redresor monoalternanță, realizat cu un amplificator operațional și cu două diode redresoare. Semnalul redresat, cu o bună liniaritate, este filtrat de un filtru RC și amplificat cu ajutorul unui amplificator de

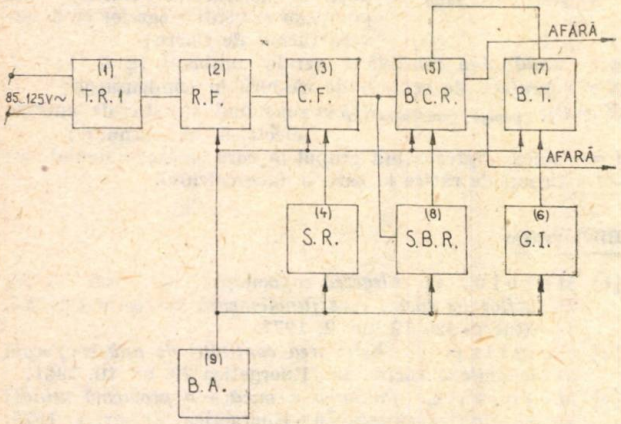


Fig. 1

curent continuu, realizat pe baza utilizării unui amplificator operațional și a două tranzistoare cu siliciu. Pentru mărirea stabilității în funcționare a aparatului, s-a introdus în amplificator o lupă electronică de măsură, care permite eliminarea domeniului inițial al tensiunii de intrare, anume 0 ... 90 V. În acest mod, pentru o variație a tensiunii de intrare în regulator de numai 1V, va cuprinde o variație a tensiunii de ieșire la ieșirea amplificatorului de 250 mV.

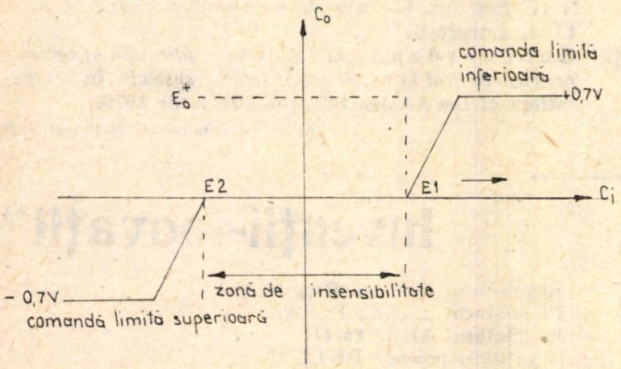


Fig. 2

— Blocul comparator-fereastră *3* are rolul de a furniza la ieșire semnale treaptă, pozitive sau negative, atunci cînd semnalul de intrare se găsește în afara unor limite prestabilite. Astfel, blocul comparator-fereastră realizează caracteristica statică de transfer din figura 2. Semnalul la intrarea blocului comparator-fereastră este diferența dintre semnalul provenit de la o sursă de referință internă, de tensiune continuă, și semnalul provenit de la amplificatorul de curent continuu, din ieșirea blocului 2. Cînd această diferență depășește o valoare impusă, comparatorul-fereastră furnizează o treaptă pozitivă sau negativă de tensiune necesară comenzilor etajelor următoare. Comparatorul fereastră (CF) include în schema sa electronică și componentele necesare pentru modificarea zonei de insensibilitate a regulatorului, prin modificarea ferestrei din figura 2. CF este realizat pe baza utilizării a două amplificatoare operaționale integrate.

— Blocul sursei de referință *4*. Pentru stabilirea consemnului s-a prevăzut o sursă de tensiune stabilizată, reglată în 30 de trepte. Sursa este realizată pe baza utilizării unui circuit integrat regulator de tensiune și furnizează la ieșire o tensiune continuă pozitivă, care se aplică la intrarea comparatorului-fereastră.

— Blocul de comandă relee *5*. Salturile de tensiune pozitive sau negative obținute la ieșirea comparatorului-fereastră, atunci cînd tensiunea la intrarea regulatorului se abate cu o valoare mai mare decît valoarea zonei de insensibilitate față de valoarea de consemn, se aplică la ieșirea blocului de comandă relee. Acest bloc are următorul rol :

— comandă acționarea releelor de ieșire cînd se îndeplinesc condițiile de comandă ;

— comandă funcționarea acestor relee în scopul testării bunei funcționări a aparatului, cu impulsuri cu frecvență de 1 Hz ;

— comandă funcționarea releelor în timpul funcționării reale în instalații, temporizat la 15, 30, 60 s, cînd sînt îndeplinite condițiile de abatere a semnalului ;

— comandă scoaterea din funcțiune a regulatorului cînd tensiunea la intrare scade sau crește în afara unor limite prestabilite (de exemplu, sub 90 V sau peste 120 V).

Toate aceste funcțiuni sînt realizate de blocul de comandă relee în combinație cu funcționarea celorlalte blocuri logice, și anume : generatorul de impulsuri *6*, blocul de temporizare *7* și blocul de blocare relee pentru limita superioară și inferioară *8*.

Blocul *5* este realizat cu circuite integrate și tranzistoare cu siliciu.

Ieșirea din blocul de comandă relee se face prin intermediul a două relee care închid circuitele elementelor de execuție ce comandă comutatorul cu ploturi al transformatorului reglat.

— Generatorul de impulsuri *6* este realizat cu circuite integrate și tranzistoare. Acest bloc furnizează impulsuri cu nivel ITL, cu perioade de 0,3 s necesare pentru testarea în laborator a regulatorului și impulsuri cu perioada de 3 s pentru prelucrare în circuitele următoare, de temporizare.

— Blocul de temporizare *7*. Impulsurile provenite de la generatorul de impulsuri în poziția „LUCRU" sau „TEST" se aplică blocului de temporizare, ce are funcția de a comanda, la alegere, funcționarea releelor la intervale de timp prestabilite. Acest bloc permite emiterea de comenzi la ieșirea regulatorului la următoarele intervale de timp : 1, 15, 30, 60 s.

— Blocul pentru blocare relee pentru limita superioară și inferioară a benzii de funcționare *8* este realizat pe baza utilizării unui circuit integrat dublu comparator, care furnizează semnal logic de comandă la ieșirea pentru blocarea releelor regulatorului, atunci cînd tensiunea aplicată la intrarea sa scade sub o valoare impusă sau crește peste o altă valoare impusă.

— Blocul de alimentare *9* furnizează tensiuni stabilizate necesare alimentării blocurilor electronice ale regulatorului.

Prezenta invenție are următoarele avantaje :

— stabilitatea parametrilor funcționali în timp și la variații cu temperatura ;

— reducerea dimensiunilor de gabarit, a greutății și a consumului de metal ;

— fiabilitate crescută ;

— simplificarea citirilor și programărilor regulatorului ;

— clasă de precizie ridicată ;

— scoaterea din funcțiune automat a regulatorului atunci cînd, din motive tehnologice, tensiunea reglată depășește mult limitele de reglare (scade sub 85 V sau crește peste 125 V).

Bibliografie

[1] Graeme, J. G. *Applications of Operational Amplifiers.*

[2] Morris, R. L. și Miller, J. R. *Proiectarea cu circuite integrate TTL.*

[3] * * * *Dosar omologare RATT-3.*

[4] Herșcovici, H. *Circuite integrate în aparatura de automatizare.* Editura tehnică, București, 1976.

Noutăți tehnico-științifice*)

Aparat pentru măsurarea pierderii de căldură prin ardere mecanic incompletă a combustibilului**)

Conținutul de substanțe combustibile nearse regăsite în cenușa zburătoare a cazanelor de abur se determină prin calcinare după metoda analoagă determinării conținutului de cenușă al combustibilului conform standardelor în vigoare. Analiza necesită 1,5 — 2,5 ore și ca urmare informațiile în legătură cu conținutul de substanțe combustibile nearse din cenușa zburătoare ajung la operatorul cazanului cu mare întîrziere.

Dintre metodele de determinare directă a conținutului de substanțe combustibile nearse din cenușa zburătoare cea mai potrivită pentru controlul operativ este metoda termodiferențială. Metoda evidențiază o dependență liniară între semnalul de ieșire și conținutul de nearse într-o bandă largă de măsură.

Rezultatele de laborator și cercetările experimentale efectuate cu cărbune de Ekibansk au fost finalizate prin realizarea aparatului OPMN-2, care permite determinarea rapidă a procentului de substanțe combustibile nearse regăsite în cenușa zburătoare prin metoda de măsură termodiferențială.

Prin îmbunătățirile aduse acestui aparat de către RUEH Karagandenergo s-a construit aparatul OPMN-3, cu următoarele date tehnice :

1. Limitele de măsură a procentului de substanțe combustibile nearse din cenușa zburătoare :
   - gama I 0,5 — 5% ;
   - gama II 1 — 15%
2. Eroarea absolută a măsurătorii :
   - gama I ± 0,3% ;
   - gama II ± 0,5%
3. Masa probei de analiză a cenușii zburătoare : 0,25 g
4. Numărul de cifre ale indicației : 3
5. Valoarea celei mai mici diviziuni : 0,1 %
6. Tensiunea de alimentare : 220 V, 50 Hz
7. Puterea consumată : mai puțin de 500 VA ;
8. Dimensiunile de gabarit :
   - blocul electronic : 370 × 150 × 500 mm
   - instalația de ardere : 165 × 290 × 490 mm
9. Masa :
   - blocul electronic : 12 kg
   - instalația de ardere : 7 kg

Determinarea paralelă a conținutului de substanțe combustibile nearse regăsite în cenușa zburătoare cu ajutorul aparatului OPMN-3 și prin metoda din standard a condus la erori ale aparatului de ± 0 27% în gama 0,55% și ± 0,47% în gama 1 — 15%.

*) Rubrică întocmită de ing. Anton Roșu — ICEMENERG.

**) Apărut în „Teploenerghetika" nr. 6, 1982, p. 60 — 61, sub semnăturile : Popov, N., Matonin, L., M., Klippert, E. E., Poliakov, N. I., Tukalevskaia, M. I. Niagulov, V., N.

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veţi fi bine informaţi, în principal asupra activităţii din domeniul energetic din ţara noastră precum şi din alte ţări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică în centralele electrice, reducere şi eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în reţelele electrice, creştere a siguranţei în funcţionarea sistemului energetic şi a elementelor acestuia, extindere şi creştere a eficienţei termoficării, creştere a productivităţii muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecţie a mediului înconjurător şi a instalaţiilor energetice, surse noi, reînnoibile şi de noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmăreşte, de asemenea, informarea specialiştilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid şi de stat, noutăţilor tehnice din ţară şi din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic şi în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participaţi la schimbul de idei şi de experienţă, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii româneşti.

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din localitatea . . . . . .str. . . . . .nr. . . . .bl. . .

sc . . . . et . . . . ap. . . . . sect. . . . . cod poştal . . . . . .telefon . . .

. . . . . judeţul . . . . . solicit . . . . . .abonament(e)

care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei . . . . . am achitat-o în contul ICEMENERG 20.11.8.01.01. BN RSR fil. sect. 3, Bucureşti, cod 74568 prin m.p.nr.. . . . din . . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACŢIEI cu chitanţa . . . . . nr. . . . . din . . . . . .

Data . . . . . .

Semnătura

. . . . . .

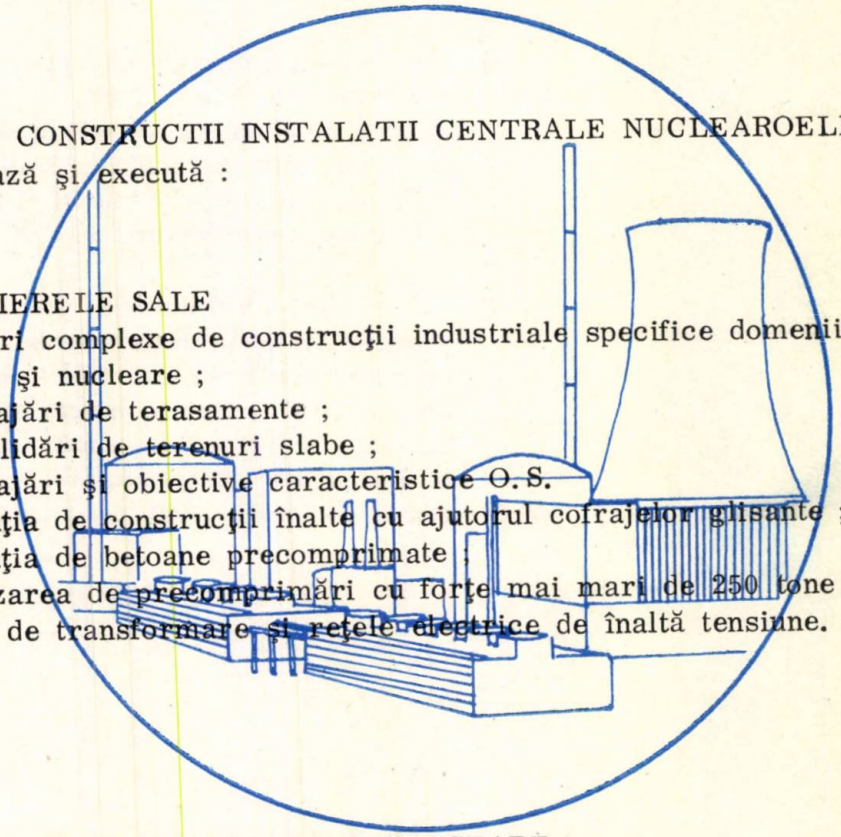
TCI•CNE CERNAVODA

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII INSTALAŢII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE

● Str. Atomiştilor 1 ● Jud. Constanţa ● Telefon: 912/38150 ● Telex: 1 45 32 T.C.I.C.N. ●

TRUSTUL DE CONSTRUCTII INSTALATII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE
Realizează şi execută :



PRIN SANTIERELE SALE

- Lucrări complexe de construcţii industriale specifice domeniilor energetice şi nucleare ;
- Amenajări de terasamente ;
- Consolidări de terenuri slabe ;
- Amenajări şi obiective caracteristice O.S.
- Execuţia de construcţii înalte cu ajutorul cofrajelor glisante ;
- Execuţia de betoane precomprimate ;
- Realizarea de precomprimări cu forţe mai mari de 250 tone ;
- Staţii de transformare şi reţele electrice de înaltă tensiune.

PRIN ATELIERELE PROPRII DE PROIECTARE

- Documentaţii tehnice şi economice de specialitate ;
- Tehnologii de execuţie pentru lucrări de construcţii de mare complexitate ;
- Tehnologii de execuţie şi montaje de instalaţii pentru glisări şi precomprimări ;
- Proiecte de automatizare a bazelor de producţie ;
- Programe şi proceduri de asigurare a calităţii lucrărilor.

Annoucements for readers abroad

- The review „Energetica“ can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages

- The review „Energetica“ proposes a publications exchange with similar reviews and in relating fields

- The review „Energetica“ provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well

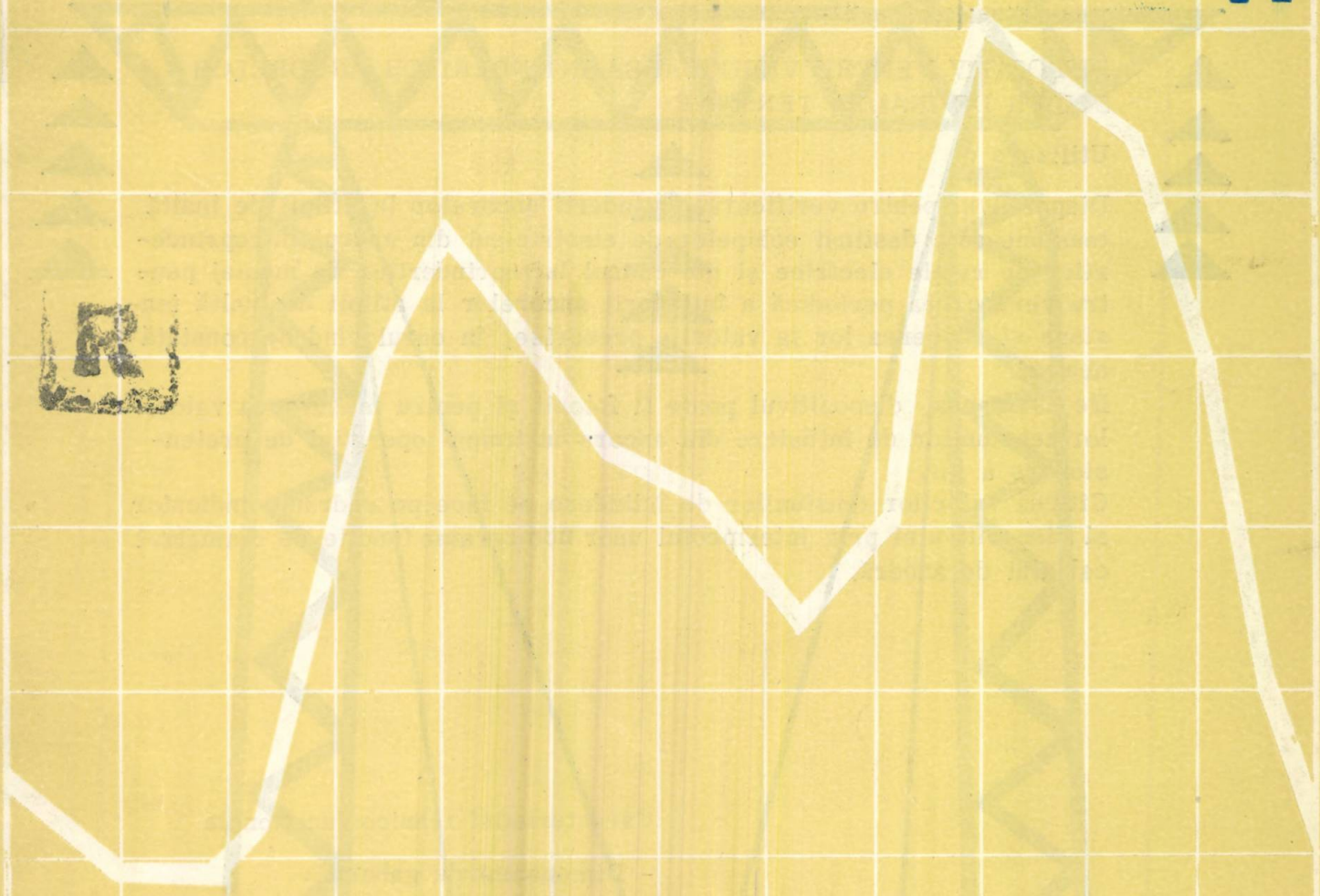
- The review „Energetica“ publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages

1983 AUG 4

REFERATIVA

MW

11



R

VOLUMUL XXX
BUCUREŞTI
NOIEMBRIE 1982

energetica

0 6 12 18 24

CIRE-UARMT-CIMPINA

STR.FLAMUREI NR.26 - JUD. PRAHOVA

Execută şi livrează :

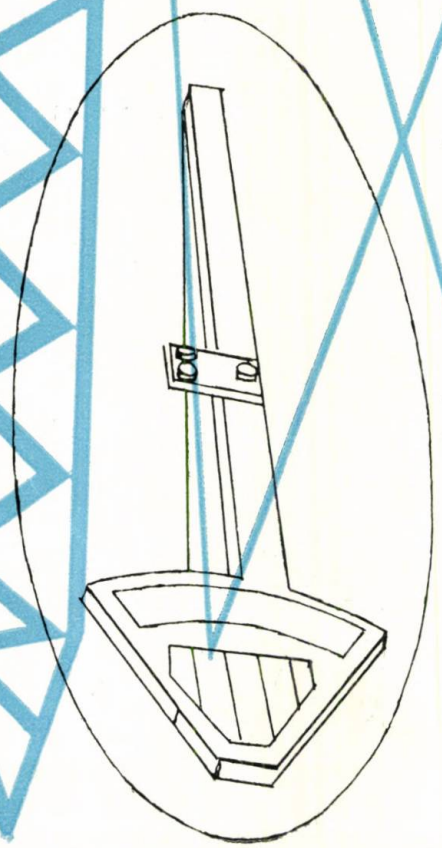
DISPOZITIV PENTRU VERIFICAREA INTINDERILOR ANCORELOR LA STILPII DE INALTA TENSIUNE

Utilizare :

Dispozitivul pentru verificarea întinderii ancorelor la stîlpii de înaltă tensiune este destinat echipelor de electricieni din cadrul întreprinderilor de reţele electrice şi din cadrul întreprinderilor de montaj pentru verificarea periodică a întinderii ancorelor la stîlpii de înaltă tensiune şi aducerea lor la valorile prescrise, în cazul cînd se constată abateri.

De asemenea, dispozitivul poate fi folosit şi pentru măsurarea valorilor tensiunilor de întindere din ancore în timpul operaţiei de pretensionare a lor.

Citirea valorilor tensiunilor de întindere se face pe cadranul indicator al dispozitivului prin intermediul unor nomograme funcţie de diametrul cablului de ancoră.



Caracteristici tehnico-funcţionale

- Dimensiuni de gabarit :		
. lungime	(mm)	1050
. lăţime	(mm)	350
. înălţime (închis)	(mm)	261
- Greutate dispozitiv (fără cutie)	(kg)	15,200
- Tensiunea de întindere maximă din ancore pe care o poate măsura dispozitivul	(daN)	6000
- Diametrele cablurilor de ancore la care se foloseşte dispozitivul	(mm)	Ø 12 - Ø 25
- Eroare de măsurare		±10 %
- Greutate dispozitiv cu cutie de transport	(kg)	26,300

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

APARE SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M. Dănciiă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Maria Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măcriş**
Ing. **I Măiereanu** (red. resp. adj.)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii

Redacţia şi administraţia:
Bucureşti 74568
Bd. Energeticienilor 8, sector 3
Telefon: 20 67 30, 21 46 30

ANUL 30 **11** noiembrie 1982

Cuprinsul

ARTICOLE

E. Covar
Sistem de protecţie prin relee pentru o reţea electrică radială 509—519

C. Mihăileanu şi J. Constantinescu
Condiţii de închidere a buclelor în reţelele de înaltă tensiune (cu prezentare în limba engleză) 520—523

Gr. Iorgulescu şi O. Ţuţuianu
Aspecte privind regimurile de încălzire a locuinţelor în sistemul de termoficare Bucureşti în iarna 1980—1981 524—528

Alice-Anca Cocoş
Tehnologii de curăţire a ţevilor schimbătoare de căldură de depunerile formate pe partea de apă de răcire în centralele termoelectrice 529—532

D. Spiridon
Consideraţii privind parametrii hidroenergetici ai CHE cu acumulare prin pompaj echipate cu maşini hidraulice reversibile 533—540

INVENŢII-INOVAŢII 541—543
NOUTĂŢI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 543—544
MANIFESTĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE 544
CRONICĂ 545—550
RECENZII 551
DIN SUMARUL REVISTELOR 552

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de :

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantineseu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la : publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuţii la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică
Emilia Covaci — redactor

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la : ILEXIM. Departamentul Export-mport Presă, P.O. Box 136—137, telex : 11226. Bucureşti, dtr. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul : Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2448

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Te. nr. 137.6463.1982

41401

СОДЕРЖАНИЕ

Е. Ковар: *Релейная система защиты для радиальной электросети* 509

К. Михэйляну и Ж. Константинеску: *Условия по закрытию петлей в сетях высокого напряжения* 520

Гр. Йоргулеску и О. Цуцуяну: *Соображения по вопросу режимов жилищного отопления в теплофикационной системе города Бухареста в зиме 1980—1981 г.* 524

Алис Кокош: *Технология по очистке труб теплообменников от осаждений, формированных в части охлаждающей воды ТЭС.* 529

Д. Спиридон: *Соображения по вопросу главных гидроэнергетических параметров гидроаккумулирующих ГЭС, снабжённых с гидравлически-реверсивными машинами* 533

ИЗОБРЕТЕНИЯ 541—543
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 543—544
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 544
ХРОНИКА 545—550
РЕЦЕНЗИИ 551
ИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛОВ 552

INHALTSVERZEICHNIS

V. Covar: **Ein Relaisschutzsystem für ein radiales Elektroenergienetz** 509

J. Constantinescu und *C. Mihăileanu*: **Bedingungen zur Bildung der Schleifen in Hochspannungsnetzen** 520

Gr. Iorgulescu und *O. Ţuţuianu*: **Aspekte der Heizungsregime für Wohnungen im Fernheizsystem Bukarest während des Winters 1980—81** 524

Alice-Anca Cocoş: **Tehnologien zur Entfernung von Ablagerungen auf der Kühlwasserseite der Wärmeaustauscherleitungen in Wärmekraftwerken** 529

D. Spiridon: **Betrachtungen über die wichtigsten hydroenergetischen Kennwerte von Pumpspeicherwerken versehen mit umkehrbaren hydraulischen Maschinen** 533

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 541—543
TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 543—544
TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN 544
CHRONIK 545—550
REZENSIONEN 551
AUS DEM INHALTSVERZEICHNIS ANDERER ZEITSCHRIFTEN 552

SOMMAIRE

V. Covar: **Systéme de protection par relais pour un réseau électrique radial** 509

J. Constantinescu et C. Mihăileanu: **Conditions de fermeture des boucles des réseau à haute tension** 520

Gr. Iorgulescu et *O. Ţuţuianu*: **Aspects concernant les régimes de chauffage des logements dans le système de chauffage urbain de Bucarest pendant l'hiver 1980—81** 524

Alice-Anca Cocoş: **Technologies de nettoyage de tuyaux échangeurs de chaleur des dépôts formés sur la partie de l'eau de refroidissement dans la CTE** 529

D. Spiridon: **Considérations sur les paramètres hydroénergétiques principaux de la CHE à accumulation par pompage équipées avec des machines hydrauliques réversibles** 533

INVENTIONS INNOVATIONS 541—543
NOUVEAUTES TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES 543—544
MANIFESTATIONS TECHNIQUES-SCIENTIFIQUES 544
CRONIQUE 545—550
COMPTE-RENDUE 551
LA REVUE DES REVUES 552

SUMMARIES

DC 621.311.1 : 621.316.925

V. Covar: **Relay Protection System for a Radial Electric Energy Network**

The paper presents a maximal current protection system of a radial medium voltage network using an information (signals) exchange between the protections installed within the cells of the same current direction in order to decrease shortcircuit expelling times.

Energetica 30 (1982), nr. 11, p. 509—519

DC 621.316.1 : 621.3.027.3/7

J. Constantinescu and *C. Mihăileanu*: **Loop Closing Conditions in High Voltage Nerworks**

The paper presents a criterion to check loop closing feasibility in high and very high voltage networks based on the regime previous to this closing and on the system structure in this point. The adopted criterion is represented by the voltages difference at the closing point correlated to the shortcircuit currents (powers) value. The triphasic shortcircuit currents characterize exactly enough the steady state and the transient at the loop closing point.

Energetica 30 (1982), nr. 11, p. 520—523

DC 697.34 : 644.1

Gr. Iorgulescu and O. Ţuţuianu: **Aspects of House Heating Regimes Within the District Heating System of Bucharest During the Winter 1980—81**

The paper contains considerations about the heating regimes, the control diagram and the heat supply optimization within the district heating system of Bucharest.

Energetica 30 (1982), nr. 11, p. 524—528

DC 621.311.22/23 : 621.3.046.2

Alice-Anca Cocoş: **Technologies for Deposits Removal from the Heat Exchanger Cooling Water Pipes in Thermal Power Plants**

Four of the most well-known chemical methods to remove deposits from the cooling water circuit of heat exchanger pipes are presented comparatively. From data published in literature and from the experience acquired it results that the optimal deposits removal technologies — from the point of view of its efficiency, industrial scale usability, cost is the feeding of chlorine hydride with the addition of inhibitors.

Energetica 30 (1982), nr. 11, p. 529—532

DC 621.221.4 : 621.2.01

D. Spiridon: **Considerations Regarding the Main Hydroelectrical Parameters of the Pumped Storage Developments Equipped with Reversible Hydraulic Machines**

In case of equipping pumped storage plants with reversible units, hydroelectric parameters determination is made taking into consideration the correlation between the pumping and turbining discharges. With this purpose, function of the daily or weekly compensating degree, the relation between the pumping duration in non-working days, working days and the relation between the pumping and turbined discharges (α) can be deduced. At the same time, the relations between α and the other main hydroelectric parameters can be studied. On the basis of the data collected from 60 pumped-storage power plants equipped with reversible units, the pump-turbine unit number has been analysed function of the several hydroelectrical parameters of the pumped-storage plant.

Energetica 30 (1982), nr. 11, p. 533—540

INVENTIONS-INNOVATIONS 541—543
TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 543—544
TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA 544
CHRONICS 545—550
REVIEWS 551
FROM THE SUMMARIES OF FOREIGN REVIEWS 552

Annoucements for readers abroad

- The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages

- The review „Energetica" proposes a publications exchange with similar reviews and in relating fields

- The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well

- The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages

Sistem de protecție prin relee pentru o rețea electrică radială

Ing. E. Covar*)

Din partea redacției:

Circuitele operative de curent continuu ale protecțiilor montate la celulele celor două stații, concepute sub forma unei scheme unitare, rămîn cu un grad ridicat de nesiguranță. Schema prezintă, pe de o parte, o defectabilitate mai ridicată (datorită renunțării la principiul distribuției arborescente în circuitele operative de c.c. și prezenței în aceste circuite a unui mare număr de componente electronice), iar, pe de altă parte, localizarea și îndepărtarea defectelor (întreruperi, puneri la pămînt etc.) devin foarte dificile, necesitînd durate mai mari pentru remediere.

Aceste particularități ale schemei pot provoca neajunsuri însemnate în exploatare. Soluția propusă se abate de la principiul alimentării circuitelor operative aferente fiecărui întreruptor, prin siguranțe separate, iar instalațiile comune mai multor celule, prin siguranțe separate de siguranțele circuitelor operative aferente întreruptoarelor. Acest principiu este confirmat permanent de practica de exploatare, fiind statutat prin prescripția M.E.E.: „Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare", vol. II, cu indicativul PE 111/75. Articolul poate servi însă pentru un util schimb de experiență între specialiștii din domeniul protecției prin relee.

1. Particularitățile protecției maximale de curent într-o rețea de distribuție radială

În rețelele electrice de distribuție radială, protecția împotriva scurtcircuitelor este realizată foarte frecvent cu relee maximale de curent. În rețelele de distribuție de medie tensiune realizate cu cabluri de lungimi relativ mici (de ordinul sutelor de metri în distribuția industrială și al kilometrilor în distribuția urbană), protecția maximală de curent a unei linii în cablu acționează și la scurtcircuitele pe liniile în cablu din aval (curenții de scurtcircuit diferă puțin, datorită impedanțelor mici ale cablurilor de lungimi scurte). De aici rezultă, pe de o parte, avantajul posibilității de rezervare la refuz de declanșare al unui întreruptor (protecția instalată la întreruptorul din amonte sesizează scurtcircuitul pe linia din aval și comandă deconectarea liniei defecte) și, pe de altă parte, dezavantajul neasigurării selectivității în deconectarea liniilor defecte de către protecția maximală de curent. Pentru realizarea selectivității se recurge la temporizarea protecțiilor maximale de curent, temporizările crescînd din aval către amonte cu cîte o treaptă de timp de selectivitate. Astfel, asigurarea selectivității se obține în detrimentul rapidității protecțiilor. Dezavantajele principale ale lichidării scurtcircuitelor cu temporizare mare sînt cunoscute: creșterea solicitărilor termice asupra căilor de curent și mărirea duratei golurilor de tensiune produse de scurtcircuite, reducînd astfel șansele consumatorilor de energie electrică de a se menține în funcțiune la revenirea tensiunii la valoarea normală după lichidarea scurtcircuitelor. Pentru eliminarea acestor dezavantaje este necesară accelerarea protecțiilor prin relee.

Protecția maximală de curent utilizează informații asupra curenților de scurtcircuit culese numai în punctul din rețea în care este instalată protecția. Neavînd informații din alte puncte ale rețelei (în distribuția radială interesează punctele din aval) asupra curenților și asupra funcționării sau nefuncționării protecțiilor din aceste puncte, protecția maximală de curent lucrează cu temporizarea treptei de selectivitate stabilită, chiar dacă protecțiile din aval nu au demarat.

2. Condiții impuse protecției maximale de curent a unei rețele dublu radiale și principiile de realizare

Pentru satisfacerea simultană a condițiilor de selectivitate și rapiditate, o protecție maximală de curent, instalată într-un punct al rețelei radiale, ar trebui să lucreze astfel:

— temporizat, dacă, și numai dacă, a demarat cel puțin una dintre protecțiile din aval, deoarece în acest caz scurtcircuitul se află pe un element de rețea din aval și există posibilitatea deconectării elementului defect prin declanșarea unui întreruptor din aval;

— netemporizat, dacă și numai dacă, nu a demarat nici una dintre protecțiile din aval, deoarece în acest caz fie scurtcircuitul se află chiar pe elementul de rețea protejat de protecția maximală de curent considerată, fie scurtcircuitul se află pe un element de rețea din aval, dar nu va fi lichidat de protecțiile din aval, deoarece acestea nu au demarat.

Pentru a deosebi, în mod automat, cazurile de funcționare temporizată de cazurile de funcționare netemporizată, protecția maximală de curent instalată într-un punct al rețelei radiale necesită, pentru elaborarea comenzii de declanșare a întreruptorului la care este instalată, și informații asupra demarării sau nedemarării

*) Ing. Eugen Covar este inginer proiectant principal III la IITPIC—București.

tuturor protecţiilor din aval (în sensul celor arătate anterior).

O altă funcţie care trebuie asigurată de protecţia prin relee este rezervarea la refuz de declanşare al unui întreruptor. Această funcţie este realizată de protecţiile din amonte pentru întreruptoarele din aval, cu condiţia ca protecţiile din amonte să fie sensibile la defectele sesizate de protecţiile din aval. Această condiţie este în general îndeplinită pentru scurtcircuite între faze sau între faze şi pămînt, dar nu este îndeplinită pentru unele defecte interne în transformatoare, sesizate numai de protecţiile de gaze ale acestora (în figura 1, transformatoarele de 6/0,4 kV) şi, de asemenea, pentru suprasarcini sau defecte mecanice la motoarele electrice sesizate de protecţiile acestora (motoarele de 6 kV în figura 1). În cazul refuzului de declanşare la funcţionarea unei astfel de protecţii, este necesar un semnal de ajutor care să comande declanşarea întreruptorului sau a întreruptoarelor celor mai apropiate din amonte.

Avînd în vedere cerinţele arătate mai sus, în articolul de faţă se propune un sistem de protecţie pentru reţele radiale, a cărui funcţionare se bazează pe următoarele principii:

I — toate protecţiile maximale de curent au acţiune rapidă cu blocare în cazul demarării uneia dintre protecţiile instalate pe tronsoanele de reţea imediat următoare din aval; în acest fel va acţiona rapid protecţia cea mai apropiată de locul scurtcircuitului, care nu este blocată de protecţiile din aval, întrucît acestea, aflîndu-se în aval de locul scurtcircuitului, nu demarează;

II — acţiunea rapidă a protecţiilor maximale de curent este temporizată cu timpul necesar transmiterii şi prelucrării logice (prin contacte şi relee, cum se indică în figura 1) a informaţiei, pentru a realiza blocarea comenzii de declanşare în cazul demarării protecţiilor din aval; temporizarea este mică (0, 4 s) faţă de temporizarea unei protecţii maximale temporizate care ar fi instalată la acelaşi întreruptor;

III — semnalul de blocare este folosit şi ca semnal de ajutor pentru realizarea funcţiei de rezervare la refuz de declanşare a întreruptoarelor, cu temporizare crescătoare din aval spre amonte, pentru a da prioritate la declanşare întreruptoarelor mai apropiate de elementul de reţea defect.

3. Descrierea sistemului de protecţie propus şi a modului său de funcţionare

Schema electrică a unui sistem de protecţie conceput pe baza principiilor expuse anterior, aplicată unei reţele de distribuţie dublu radială într-o întreprindere industrială, este dată în figura 1.

Circuitele de capăt ale distribuţiei de 6 kV sînt motoarele de 6 kV şi transformatoarele de 6/0,4 kV.

Fiecare motor de 6 kV este prevăzut cu următoarele protecţii:

— protecţie maximală de curent (secţionare de curent) — releele $1RCr$, $1RCt$ la întreruptorul $1I$;

— protecţie la suprasarcină — releul termic $1Rt$ la întreruptorul $1I$;

— protecţie tehnologică.

Fiecare transformator de 6/0,4 kV este prevăzut cu următoarele protecţii:

— secţionare de curent — releele $2RCr$, $2RCt$ la întreruptorul $2I$;

— protecţie maximală de curent temporizată — releele $21RCr$, $21RCt$, $2RTp$;

— protecţie de gaze.

La celelalte întreruptoare sînt prevăzute protecţii maximale realizate cu relee de curent $nRCr$, $nRCt$ (n este numărul întreruptorului: $n\ I$).

La demararea unei protecţii, semnalul de blocare şi de ajutor este transmis din aval spre amonte prin baretele $+1br$ şi $-br$ pentru primul sistem radial şi prin baretele $+2br$ şi $-br$ pentru al doilea sistem radial. Pentru a asigura direcţionarea semnalului numai în sensul aval-amonte se utilizează diode semiconductoare. După declanşarea unui întreruptor, semnalul de blocare şi ajutor este întrerupt (anulat) prin contacte auxiliare ale întreruptorului respectiv, pentru a împiedica transmiterea lui în amonte.

În cazul alimentării unei staţii de 6 kV printr-un singur fider, cupla fiind închisă, baretele $+\ 1br$ şi $+\ 2br$ sînt puse în paralel în staţia respectivă prin contacte auxiliare ale întreruptorului de cuplă, iar semnalul de blocare şi ajutor este transmis în amonte prin bareta corespunzătoare fiderului în funcţiune. În acest fel, semnalul de blocare şi ajutor se transmite din aval în amonte, totdeauna corespunzător schemei de distribuţie a energiei electrice.

Bareta — br este alimentată de la toate baretele de comandă: — $1BC$I, — $1BC$II (ale staţiei de 6 kV nr. 1) şi — $2BC$ I, —2 BCII (ale staţiei de 6 kV nr. 2), deoarece pe baretele $+\ 1\ br$, $+\ 2br$ pot ajunge tensiuni provenind de la oricare dintre baretele $+\ 1\ BC$ I, $+\ 1BC$ II, $+\ 2\ BC$ I, $+\ 2\ BC$ II. Bareta — br este comună pentru întreaga distribuţie de 6 kV, iar alimentarea sa de la mai multe surse de curent continuu îi conferă o siguranţă ridicată. Diodele $D2$ împiedică curenţii de circulaţie între sursele de curent continuu, astfel că un scurtcircuit la una dintre surse nu afectează nici celelalte surse şi nici bareta — br, care continuă să fie alimentată de la acestea. Prin alegerea curenţilor nominali ai fuzibilelor siguranţelor $e3$ (16A), $e4$ (6A), $e5$ (2A) se asigură selectivitatea la întreruperea curenţilor de scurtcircuit

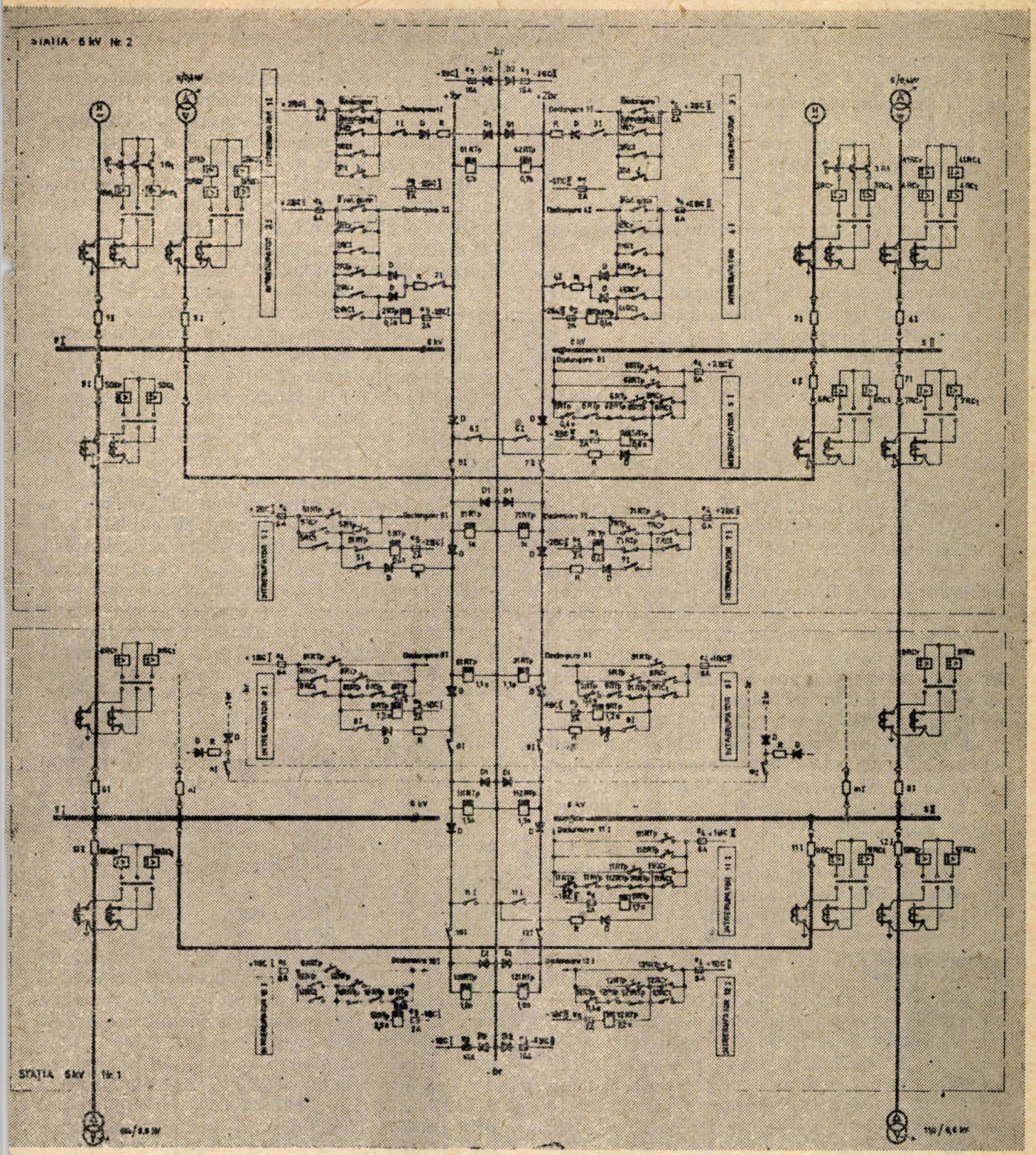


Fig. 1

astfel: la un scurtcircuit în circuitele de comandă ale unui întreruptor se arde numai siguranța *e*5 (nu și *e*4) pentru a păstra funcția de rezervare prin baretele $+1br$, $+2br$, deoarece întreruptorul respectiv nu va declanșa, iar la un eventual scurtcircuit între baretele $+1br$ sau $+2br$ și $-br$ (puțin probabil deoarece curentul este limitat de rezistența R) se arde o siguranță *e*4 (nu și *e*3).

Releele de timp prevăzute în schema protecției prin relee din figura 1 sînt de tip $RTpa-5$, avînd un contact normal deschis tempo-

rizat (final), un contact temporizat pasager și un contact comutator instantaneu.

Rezistențele R au rolul de a limita curentul de scurtcircuit în circuitele protecției, de exemplu, la apariția unui scurtcircuit între barete le $+1br$ ($+2br$), și $-br$ în momentul în care se închide contactul unui releu de protecție la un întreruptor, astfel ca:

— să nu se ardă siguranța $c4$ la care este legat contactul releului de protecție care a lucrat, pentru a nu fi împiedicată declanșarea întreruptorului respectiv;

— să nu se distrugă diodele D, parcurse de curentul de scurtcircuit (limitat de rezistență);

— curentul să poată fi întrerupt de contactul auxiliar al întreruptorului.

Rezistența trebuie aleasă astfel, încît căderea de tensiune produsă de curenții absorbiți de bobinele releelor de timp legate la barețele $+1br$, $+2br$ să nu împiedice anclanșarea acestor relee. Valoarea de 82 Ω satisface condițiile expuse anterior (pentru tensiunea operativă de 220 V c.c.).

Diodele $D1$ limitează supratensiunile de comutație la întreruperea curenților care circulă prin barețele $+1br$, $+2br$, protejînd contactele releelor de curent și contactele auxiliare ale întreruptoarelor. Pentru exemplificarea funcționării sistemului de protecție din figura 1, se vor considera cîteva scurtcircuite.

Astfel, considerînd cuplele 6 I și 11 I deschise, la un scurtcircuit în circuitul motorului alimentat prin întreruptorul 1 I se închid netemporizat contactele $1RCr$, $1RCt$, comandînd declanșarea întreruptorului 1 I și punînd sub tensiune bareta $+1br$. Totodată se închid contactele $5RCr$, $5RCt$, $8RCr$, $8RCt$, care pun, de asemenea, sub tensiune bareta $+1br$ și se mai închid contactele $10RCr$, $10RCt$. Prin bareta $+1br$ se excită releele $61RTp$, $51RTp$, $81RTp$, $101RTp$, care prin contactele lor normal închise instantanee blochează comanda de declanșare dată prin contactele pasagere $8RTp$, $10RTp$ și blochează excitarea releului $5RTp$.

Releele $6RTp$, $8RTp$, $10RTp$ îndeplinesc prin contactele lor temporizate finale funcția de protecție maximală de curent temporizată cu rol de protecție de rezervă. Acest rol a fost menținut în schema protecției prin relee deoarece se realizează ușor fără relee suplimentare, utilizînd doar contactele de la relee existente. Pentru întreruptorul $5I$ nu este prevăzută funcția de protecție maximală de curent temporizată, deoarece aceasta este prevăzută pentru întreruptorul 8 I. Totuși, protecția maximală de curent temporizată nu este necesară nici ca protecție de rezervă, deoarece funcția de rezervare la refuz de declanșare a întreruptoarelor este realizată prin bareta $+1br$ și releele $61RTp$, $51RTp$, $81RTp$ și $101RTp$ cu temporizare mai mică. După declanșarea întreruptorului 1 I, bareta $+1br$ este scoasă de sub tensiune prin contactul auxiliar 1 I, determinînd dezexcitarea releelor $61RTp$, $51RTp$, $81RTp$, $101RTp$.

În caz de refuz de declanșare al întreruptorului 1 I, bareta $+1br$ rămîne sub tensiune, astfel că după 0,7 s se închide contactul $61RTp$, comandînd declanșarea cuplei 6 I (pentru cazul în care cupla 6 I nu este deja deschisă), iar după 1 s se închide contactul $51RTp$, comandînd declanșarea întreruptorului 5 I.

După declanșarea întreruptorului 5 I, circuitul defect este deconectat (este realizată funcția de rezervare) și nu mai este necesară declanșarea altor întreruptoare în amonte. De aceea, bareta $+1br$ este scoasă de sub tensiune în amonte de întreruptorul 5 I prin contactul auxiliar 5 I. Releul $81RTp$ avînd aproape aceeași temporizare (1,1 s) ca releul $51RTp$, întreruptorul 8 I declanșează odată cu întreruptorul 5 I. Se poate evita declanșarea întreruptorului 8 I împreună cu întreruptorul 5 I prin creșterea temporizării releului $81RTp$ la 1,5 s, dar aceasta ar conduce la creșterea cu 0,4 s a temporizărilor releelor $111RTp$ (deci întîrzierea cu 0,4 s a declanșării cuplei 11 I) și $101RTp$ (deci întîrzierea cu 0,4 s a declanșării întreruptorului 10 I), în timp ce menținerea întreruptorului 8 I anclanșat după declanșarea întreruptorului 5 I nu reprezintă de regulă un avantaj, deoarece alimentarea secției de bare S I din stația de 6 kV nr. 2 este întreruptă prin declanșarea întreruptorului 5 I.

În caz de refuz de declanșare a întreruptoarelor 5 I, 8 I, bareta $+1br$ rămîne în continuare sub tensiune și după 1,5 s releul $111RTp$ comandă declanșarea cuplei 11 I (pentru cazul în care cupla 11 I nu este deschisă), iar după 1,9 s releul $101RTp$ comandă declanșarea întreruptorului 10 I. Deși refuzurile de declanșare ale mai multor întreruptoare în același timp sînt puțin probabile, sistemul de protecție prin relee propus are avantajul că utilizează treptat toate posibilitățile de rezervare ale schemei circuitelor primare

La scurtcircuit pe barele S I din stația de 6 kV nr. 2, protecțiile de la întreruptoarele 1 I, 2 I nu vor acționa și nu vor pune sub tensiune bareta $+1br$. În schimb, se închid contactele $5RCr$, $5RCt$, $8RCr$, $8RCt$ și 10 RCr, $10RCt$, punînd sub tensiune bareta $+1br$ în amonte de bobina releului $51RTp$, excitînd releele $81RTp$, $111RTp$, $101RTp$ și blocînd astfel prin contactele lor normal închise instantanee declanșarea rapidă a întreruptoarelor 8 I, 11 I (pentru cazul în care cupla 11 I nu este deschisă) și 10 I. Releul $51RTp$ nefiind sub tensiune, se excită releul $5RTp$, care, după 0,4 s, comandă declanșarea întreruptorului 5 I.

În acest fel, sistemul de protecție propus asigură protecția rapidă a secției de bare S I din stația de 6 kV nr. 2, împotriva scurtcircuitelor. Este de menționat că în prezent stațiile

de medie tensiune nu sînt prevăzute cu protecții rapide ale barelor, deoarece singura protecție clasică cunoscută — protecția diferențială completă sau incompletă (pentru stațiile cu bobine de reactanță pe plecări) — nu este practic aplicabilă în majoritatea stațiilor de medie tensiune, iar în cazurile în care este aplicabilă, costul este ridicat. În [2] este propusă o protecție comparativă rapidă pentru barele stațiilor de medie tensiune din rețele de distribuție radială, aplicată în industria chimică la CIC Arad, „Solventul"-Timișoara și CIC Slobozia, care se bazează pe principii similare cu cele expuse în acest articol.

După declanșarea întreruptorului 5 *I*, bareta +1*br* este scoasă de sub tensiune prin deschiderea contactului auxiliar 5 *I* și a contactelor 8*RCr*, 8*RCt*. În caz de refuz de declanșare al întreruptorului 5 *I*, bareta +1*br* rămîne sub tensiune și, cu temporizarea de 1,1 s, releul 81*RTp* comandă declanșarea întreruptorului 8 *I* prin care scurtcircuitul este lichidat. Bareta +1*br* este scoasă de sub tensiune prin deschiderea contactului auxiliar 8 *I* și a contactelor 5*RCr*, 5*RCt*. În caz de refuz de declanșare și la întreruptorul 8 *I*, cu temporizare de 1,9 s, releul 101*RTp* comandă declanșarea întreruptorului 10 *I*.

La scurtcircuit pe fiderul de alimentare a secției de bare *S* I din stația de 6 kV nr. 2 (între întreruptoarele 5 *I* și 8 *I*) se închid contactele 8*RCr*, 8*RCt* și 10*RCr*, 10*RCt*, punînd sub tensiune bareta +1*br* în amonte de bobina releului 81*RTp*, care rămîne neexcitat. Se excită releele 111*RTp* și 101*RTp*, care blochează declanșarea rapidă a întreruptoarelor 11 *I* (pentru cazul în care cupla 11 *I* nu este deschisă) și 10 *I*. Declanșarea întreruptorului 8 *I* este comandată cu temporizare mică (0,4 s) prin contactul pasager al releului 8*RTp*, nefiind blocată de releul 81*RTp*.

În acest fel, sistemul de protecție propus realizează protecția rapidă a fiderului. În [2], [4] este propusă o protecție comparativă rapidă pentru liniile din rețele radiale, care are la bază principii similare cu cele expuse în articolul de față. Această protecție este mai ieftină și mai simplă decît protecția diferențială longitudinală și a fost aplicată în industria chimică la CIC Bacău, CIC Turnu Măgurele, CIC Arad, CC Victoria, „Solventul"-Timișoara și altele.

După declanșarea întreruptorului 8 *I*, bareta +1*br* este scoasă de sub tensiune prin deschiderea contactului auxiliar 8 *I*. În caz de refuz de declanșare al întreruptorului 8 *I*, bareta +1*br* rămîne sub tensiune și, cu temporizare de 1,9 s, releul 101*RTp* comandă declanșarea întreruptorului 10 *I*.

La un scurtcircuit pe barele *S* I din stația de 6 kV nr. 1 se închid numai contactele 10*RCr*, 10*RCt*, iar bareta +1*br* nu este pusă sub tensiune, astfel că releul 101*RTp* nu este excitat și deci nu blochează declanșarea rapidă a întreruptorului 10 *I* comandată prin contactul pasager al releului 10*RTp*, temporizat la 0,4 s.

În acest fel, sistemul de protecție propus asigură protecția rapidă a secției de bare *S* I din stația de 6 kV nr. 1. Funcționarea celui de-al doilea sistem radial (cu bareta +2*br*) este similară.

În cazul alimentării secției de bare *S* II din stația de 6 kV nr. 2, prin cupla 6 *I* (întreruptoarele 7 *I*, 9 *I* sînt deschise), semnalul de blocare și de ajutor de la bareta +2*br* din stația de 6 kV nr. 2 este dirijat prin contactele auxiliare 6 *I* spre bareta +1*br*, către întreruptoarele 5 *I*, 8 *I*, 10 *I*. Spre exemplu, la un scurtcircuit în circuitul transformatorului de 6/0,4 kV alimentat prin întreruptorul 4 *I* se închid contactele 41*RCr*, 41*RCt* (și 4*RCr*, 4*RCt*, dacă curenții de scurtcircuit au valori mai mari) și bareta +2*br* este pusă sub tensiune, fiind excitate releele 62*RTp*, 51*RTp*, 81*RTp*, 111*RTp*, 101*RTp*, care blochează declanșarea rapidă a întreruptoarelor 6*I*, 5 *I*, 8 *I*, 10 *I*.

În caz de refuz de declanșare al întreruptorului 4 *I*, cu temporizare de 0,7 s, releul 62*RTp* comandă declanșarea cuplei 6 *I*. Din cele expuse anterior rezultă că sistemul de protecție propus asigură protecția rapidă (temporizare $\leqslant$ 0,4 s) pentru toate elementele rețelei radiale: motoare de 6 kV, transformatoare de 6/0,4 kV, linii de 6 kV, bare de 6 kV. Totodată asigură rezervarea la refuz de declanșare al întreruptoarelor, extinsă la toate întreruptoarele din amonte de întreruptorul la care s-a produs refuzul de declanșare.

În [3] este propusă o schemă de comandă pentru asigurarea funcției de rezervare la refuz de declanșare a plecărilor unei stații dintr-o rețea radială, aplicată numai întreruptoarelor de cuplă și sosire (fider), care funcționează pe baza unor principii similare cu cele expuse în acest articol.

4. Stabilirea reglajelor releelor protecției

Reglajele releelor de curent de la întreruptoarele 5 *I*, 6 *I*, 7 *I*, 8 *I*, 9 *I*, 10 *I*, 11, *I*, 12 *I* se stabilesc ca pentru protecțiile maximale de curent clasice:

$$I_{pp} = \frac{k_{sig} \cdot I_{sarc.max}}{k_{rev}}, \qquad (1)$$

în care:

I_{pp} este curentul primar de pornire a protecției;
$I_{sarc.max}$ — curentul de sarcină maximă;
k_{rev} — coeficientul de revenire a releelor de curent;
k_{sig} — coeficient de siguranță.

Pentru determinarea temporizărilor releelor de timp, se ține seama de succesiunea operații-

lor de anclanşare sau declanşare executate de relee şi întreruptoare, precum şi de timpii în care se realizează fiecare operaţie, aşa cum se arată în figurile 2, 3, 4, 5. Această metodă a mai fost utilizată în [1] pentru stabilirea tempo-

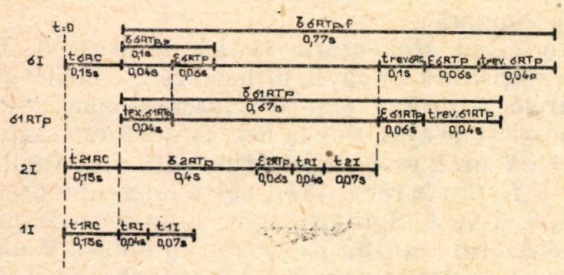


Fig. 2

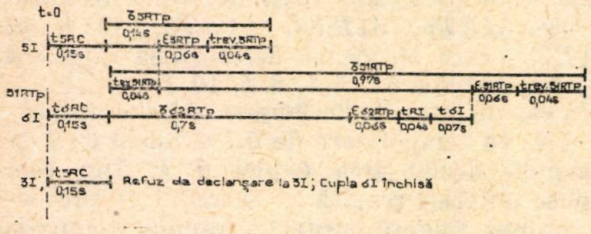


Fig. 3

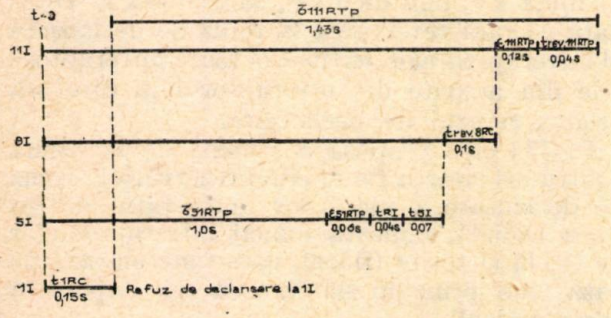


Fig. 4

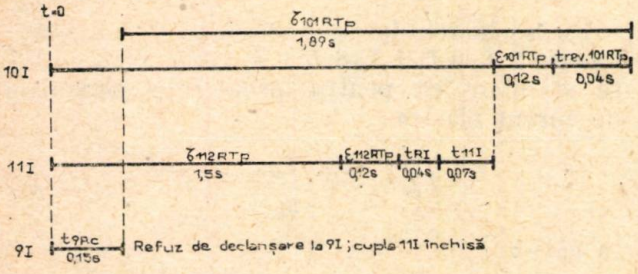


Fig. 5

rizărilor protecţiilor maximale de curent temporizate, rezultînd pentru releele $2RTp$, $4RTp$ temporizarea de 0,4 s, iar treapta de timp de selectivitate utilizată pentru protecţiile maximale de curent temporizate (contactele finale ale releelor $6RTp$, $8RTp$, $9RTp$, $10RTp$, $11RTp$, $12RTp$) rezultă de 0,4 s pentru temporizări pînă la 1,3 s (releele de timp $RTpa$-5 cu gama de temporizare de 1,3 s au eroarea de 0,06 s) şi de 0,5 s pentru temporizări de la 1,3 la 3,5 s (releele de timp $RTpa$-5 cu gama de temporizare de 3,5 s au eroarea de 0,12 s).

Temporizarea contactului pasager al releului $6RTp$ se stabileşte conform figurii 2, astfel încît să acopere timpul de deschidere a contactului $61RTp$ (sau $62RTp$) şi eroarea releului $6RTp$, pentru a bloca comanda de declanşare a întreruptorului 6 I dată prin contactele $6RCr$, $6RCt$, cînd a demarat o protecţie a unei plecări (de exemplu, se închid contactele $21RCr$, $21RCt$):

$$\tau_{6RTp.p} \geq t_{21RC} + t_{ex.61RTp} + \varepsilon_{6RTp} - t_{6RC}, \quad (2)$$

unde:

$\tau_{6RTp.p}$ este temporizarea contactului pasager al releului $6RTp$;

t_{21RC} — timpul de închidere a contactelor $21RCr$, $21RCt$;

$t_{ex.61RTp}$ — timpul de excitare a releului $61RTp$ (timpul de deschidere a contactului normal închis);

ε_{6RTp} — eroarea temporizării releului $6RTp$;

t_{6RC} — timpul de închidere a contactelor $6RCr$, $6RCt$.

Considerînd:

$$t_{21RC} = t_{6RC}$$

$$t_{ex.61RTp} = 0{,}04 \text{ s}$$

$$\varepsilon_{6RTp} = 0{,}06 \text{ s}$$

rezultă:

$\tau_{6RTp.p} \geq 0{,}1$ s. S-a stabilit valoarea acoperitoare:

$$\tau_{6RTp.p} = 0{,}4 \text{ s} \quad (3)$$

pentru considerentele ce urmează.

În cazul întreruperii diodelor D şau a rezistenţelor R din circuitele de protecţie ale plecărilor de motor de 6 kV şi de transformator de 6/0,4 kV (întreruptoarele 1 I, 2I, 3 I, 4 I) este anulată funcţia de blocare a declanşării întreruptoarelor din amonte (5 I, 6 I, 7 I), care vor declanşa rapid la scurtcircuite pe plecări. Avînd în vedere că toate plecările sînt echipate cu protecţii instantanee, declanşarea întreruptoarelor din amonte poate fi evitată dacă temporizarea de 0,1 s este mărită la valoarea unei trepte de timp de selectivitate, adică 0,4 s (protecţia propusă îşi păstrează caracterul rapid). Dacă la un scurtcircuit pe circuitul unui transformator de 6/0,4 kV acţionează numai protecţia maximală de curent temporizată (de exemplu, releele $21RCr$, $21RCt$ la întreruptorul 2 I) rezultă că curentul de scurtcircuit este mic (sub valoarea de reglaj a secţionării de curent —

releele $2RCr$, $2RCt$) și, de regulă, protecția întreruptoarelor din amonte nu este sensibilă sau poate fi desensibilizată în acest scop. În caz de refuz de declanșare al întreruptorului plecării cu scurtcircuit, întreruptoarele din amonte vor putea declanșa cu temporizarea de 0,4 s, funcția de blocare fiind anulată. Rezultă că nu apar declanșări neselective, dar se pierde funcția de rezervare realizată prin baretele $+1br$, $+2br$.

Similar, rezultă temporizarea de 0,4 s și pentru contactele pasagere ale releelor $8RTp$, $9RTp$, $10RTp$, $11RTp$, $12RTp$.

Temporizarea releului $61RTp$ (fig. 2) se stabilește astfel, încît să nu comande declanșarea cuplei 6 I în cazul unui scurtcircuit pe o plecare, lichidat de protecția plecării respective cu temporizarea cea mai mare (spre exemplu, protecția de la întreruptorul $2I$):

$$\tau_{61RTp} \geq \tau_{2RTp} + \varepsilon_{2RTp} + t_{RI} + t_{2I} + \varepsilon_{61RTp} + t_{rev\,61RTp}, \quad (4)$$

unde:

τ_{61RTp} este temporizarea releului $61RTp$;
τ_{2RTp} — temporizarea releului $2RTp$;
ε_{2RTp} — eroarea temporizării releului $2RTp$;
t_{RI} — timpul de anclanșare a unui releu intermediar în circuitul de declanșare a întreruptorului 2 I (nefigurat în schema din figura 1);
t_{2I} — timpul de declanșare a întreruptorului 2 I;
ε_{61RTp} — eroarea temporizării releului $61RTp$;
$t_{rev.61RTp}$ — timpul de revenire a releului $61RTp$.

Considerînd valorile indicate în figura 2, rezultă.:

$$\tau_{61RTp} \geq 0{,}67 \text{ s}$$

S-a stabilit:

$$\tau_{61RTp} = 0{,}7 \text{ s} \quad (5)$$

Similar, rezultă temporizarea de 0,7 s și pentru releul $62RTp$.

Temporizarea releului $5RTp$ se stabilește astfel, încît demararea unei protecții din aval de întreruptorul 5 I (protecțiile instalate la întreruptoarele 1 I, 2 I, 6 I) să blocheze comanda de declanșare a întreruptorului 5 I prin contactul $5RTp$ (fig. 3):

$$\tau_{5RTp} \geq t_{6RC} + t_{ex.51RTp} + \varepsilon_{5RTp} + t_{rev.5RTp} - t_{5RC}, \quad (6)$$

unde:

τ_{5RTp} este temporizarea releului $5RTp$;
t_{6RC} — timpul de închidere a contactelor $6RCr$, $6RCt$;
$t_{ex.51RTp}$ — timpul de excitare a releului $51RTp$ (timpul de deschidere a contactului normal închis);
ε_{5RTp} — eroarea temporizării releului $5RTp$;
$t_{rev.5RTp}$ — timpul de revenire a releului $5RTp$;
t_{5RC} — timpul de închidere a contactelor $5RCr$, $5RCt$.

Considerînd valorile din figura 3 și $t_{6RC} \cong t_{5RC}$, rezultă:

$$\tau_{5RTp} \geq 0{,}14 \text{ s}$$

S-a stabilit valoarea acoperitoare:

$$\tau_{5RTp} = 0{,}4 \text{ s} \quad (7)$$

Aceeași temporizare de 0,4 s rezultă și pentru releul $7RTp$.

Temporizarea releului $51RTp$ se stabilește astfel, încît să nu se producă declanșarea întreruptorului 5 I la declanșarea întreruptorului 6 I prin releul $62RTp$ în caz de refuz de declanșare al întreruptorului unei plecări (de exemplu 3 I):

$$\tau_{51RTp} \geq \tau_{62RTp} + \varepsilon_{62RTp} + t_{RI} + t_{6I} + \varepsilon_{51RTp} + t_{rev.51RTp}, \quad (8)$$

unde:

τ_{51RTp} este temporizarea releului $51RTp$;
τ_{62RTp} — temporizarea releului $62RTp$;
ε_{62RTp} — eroarea temporizării releului $62RTp$;
t_{RI} — timpul de anclanșare a unui releu intermediar în circuitul de declanșare a întreruptorului $6I$ (nefigurat în schema din figura 1);
t_{6I} — timpul de declanșare a întreruptorului 6 I;
ε_{51RTp} — eroarea temporizării releului $51RTp$;
$t_{rev.51RTp}$ — timpul de revenire a releului $51RTp$.

Considerînd valorile din figura 3 rezultă:

$$\tau_{51RTp} \geq 0{,}97 \text{ s}$$

S-a stabilit valoarea acoperitoare:

$$\tau_{51RTp} = 1 \text{ s} \quad (9)$$

Similar, rezultă temporizarea de 1 s și pentru releul $71RTp$.

Temporizarea releului $81RTp$ (τ_{81RTp}) este mai mare decît temporizarea releului $51RTp$ cu timpul de revenire ($t_{rev.5RC}$) a releelor $5RCr$, $5RCt$, deoarece releul $81RTp$ este scos de sub tensiune după deschiderea contactelor $5RCr$, $5RCt$, în timp ce releul $51RTp$ este scos de sub tensiune prin contactele auxiliare 6 I ale cuplei 6 I care a declanșat.

$$\tau_{81RTp} = \tau_{51RTp} + t_{r\,v.5RC} \quad (10)$$

Considerînd $t_{rev.5RC} = 0{,}1$ s, rezultă :

$$\tau_{81RTp} = 1{,}1 \text{ s} \qquad (11)$$

Similar, rezultă temporizarea de 1,1 s pentru releul $91RTp$.

Temporizarea releului $111RTp$ se alege astfel, încît să nu se producă declanşarea cuplei 11 I prin releul $111RTp$, cînd declanşează întreruptorul 5 I prin releul $51RTp$ la refuz de declanşare al întreruptorului unei plecări (de exemplu 1 I — figura 4).

$$\tau_{111RTp} \geqslant \tau_{51RTp} + \varepsilon_{51RTp} + t_{RI} + t_{5I} + t_{rev.8RC} + \varepsilon_{111RTp} + t_{rev111RTp}, \qquad (12)$$

unde :

τ_{111RTp} este temporizarea releului $111RTp$;
τ_{51RTp} — temporizarea releului $51RTp$;
ε_{51RTp} — eroarea temporizării releului $51RTp$;
t_{RI} — timpul de anclanşare a unui releu intermediar în circuitul de declanşare a întreruptorului 5 I (nefigurat în schema din figura 1) ;
t_{5I} — timpul de declanşare a întreruptorului 5 I ;
$t_{rev.8RC}$ — timpul de revenire a releelor $8RCr$, $8RCt$;
ε_{111RTp} — eroarea temporizării releului $111RTp$;
$t_{rev.\,111RTp}$ — timpul de revenire a releului $111RTp$.

Considerînd valorile din figura 4, rezultă :

$$\tau_{111RTp} \geqslant 1{,}43 \text{ s}$$

S-a stabilit valoarea acoperitoare :

$$\tau_{111RTp} = 1{,}5 \text{ s} \qquad (13)$$

Similar, rezultă temporizarea de 1,5 s şi pentru releul $112RTp$.

Temporizarea releului $101RTp$ se stabileşte (fig. 5) astfel, încît să nu se producă declanşarea întreruptorului 10 I prin releul $101RTp$, cînd cupla 11 I este declanşată prin releul $112RTp$ la refuz de declanşare al întreruptorului 9 I :

$$\tau_{101RTp} \geqslant \tau_{112RTp} + \varepsilon_{112RTp} + t_{RI} + t_{11I} + \varepsilon_{101RTp} + t_{rev101RTp}, \qquad (14)$$

unde :

τ_{101RTp} este temporizarea releului $101RTp$;
τ_{112RTp} — temporizarea releului $112RTp$;
ε_{112RTp} — eroarea temporizării releului $112RTp$;
t_{RI} — timpul de anclanşare a unui releu intermediar în circuitul de declanşare a întreruptorului 11 I (nefigurat în schema din figura 1) ;
t_{11I} — timpul de declanşare a întreruptorului 11 I ;
ε_{101RTp} — eroarea temporizării releului $101RTp$;
$t_{rev101RTp}$ — timpul de revenire a releului $101RTp$.

Ţinînd seama de valorile din figura 5, rezultă :

$$\tau_{101RTp} \geqslant 1{,}89 \text{ s}$$

S-a stabilit :

$$\tau_{101RTp} = 1{,}9 \text{ s} \qquad (15)$$

Similar, rezultă temporizarea de 1,9 s şi pentru releul $121RTp$.

5. Consideraţii privind siguranţa în funcţionare a sistemului de protecţie propus

După cum reiese din figura 1, sistemul de protecţie prin relee propus utilizează elemente de schemă simple şi ieftine : relee de curent, relee de timp, diode semiconductoare, siguranţe fuzibile şi trei barete (trei conductoare în cablu pilot), ceea ce conferă sistemului de protecţie o siguranţă relativ ridicată, preţ redus, aplicare uşoară, chiar şi în instalaţii existente, şi exploatare uşoară. De fapt, sistemul de protecţie prin relee propus utilizează releele de curent şi chiar releele de timp ale protecţiilor maximale de curent, necesitînd în plus diodele D, D 1, D 2 şi releele de timp conectate la baretele $+1br$ şi $+2br$.

În privinţa siguranţei în funcţionare trebuie observat că întreruperile baretelor $+1br$, $+2br$ sau scurtcircuitele acestor barete la bareta $-br$, deşi puţin probabile, au efecte importante. Astfel, la un scurtcircuit între bareta $+1br$ şi bareta $-br$, funcţia de blocare a protecţiilor din amonte (faţă de scurtcircuitul din circuitele primare) este parţial anulată, astfel că, în caz de scurtcircuit, în circuitele primare declanşează rapid toate întreruptoarele aflate în aval de scurtcircuitul dintre baretele $+1br$ şi $-br$ şi parcurse de curentul de scurtcircuit, fără a exista un refuz de declanşare al întreruptorului celui mai apropiat de locul de scurtcircuit (din circuitele primare). De asemenea, este anulată şi funcţia de rezervare la refuz de declanşare a întreruptoarelor, pentru întreruptoarele aflate în aval de scurtcircuitul dintre baretele $+1br$ şi $-br$.

În caz de scurtcircuit între baretele $+1br$ şi $-br$ funcţiile de blocare şi de rezervare se pierd numai în aval de locul scurtcircuitului dintre cele două barete (nu şi în amonte), datorită diodelor D înseriate pe bareta $+1br$.

În caz de întrerupere a baretei $+1br$, funcţia de blocare este anulată pentru primul întreruptor din amonte de întrerupere, astfel că în caz

de scurtcircuit în circuitele primare acesta declanșează rapid odată cu întreruptorul cel mai apropiat de scurtcircuit, deci neselectiv. De asemenea, funcția de rezervare este limitată la întreruptoarele din aval de întreruperea baretei $+1br$. Dacă nu există întreruptoare în aval de întrerupere funcția de rezervare se pierde. Aceleași considerente sînt valabile și pentru bareta $+2br$.

La nefuncționarea unuia dintre releele de timp conectate la baretele $+1br$, $+2br$, în caz de scurtcircuit, funcția de blocare se pierde pentru întreruptorul corespunzător, astfel că acesta declanșează rapid odată cu întreruptorul cel mai apropiat de defect, deci neselectiv. De asemenea, se pierde și funcția de rezervare la refuz de declanșare al întreruptoarelor din aval.

Aceste dezavantaje impun un control atent al integrității și continuității baretelor $+1br$, $+2br$ și $-br$, a diodelor și releelor conectate la aceste barete, atît la punerea în funcțiune cît și periodic în exploatare. Este posibil și un control automat și permanent al integrității baretelor $+1br$, $+2br$ și al releelor conectate la aceste barete, așa cum se arată în figura 6. Se elimină, astfel, posibilitatea declanșărilor neselective de întreruptoare datorită defectelor menționate pentru schema din figura 1.

În acest scop se aplică o tensiune redusă pe baretele $+1br$ și $+2br$ din stația de 6 kV nr. 2 prin intermediul rezistențelor 1 R respectiv 2 R, astfel că toate releele racordate la aceste barete sînt parcurse de un curent de control suficient de mic, încît să nu determine anclanșarea acestor relee și nici menținerea lor în starea anclanșat după punerea pentru scurt timp a baretelor $+1br$, $+2br$ sub plină tensiune în timpul unui scurtcircuit, prin acțiunea protecțiilor prin relee.

Prezența curentului de control în bobina fiecărui releu conectat la baretele $+1br$, $+2br$ este sesizată cu ajutorul tranzistoarelor T, care amplifică curentul pentru a anclanșa releele $51d$, $61d$, $62d$, $71d$, $81d$, $91d$, $101d$, $111d$, $112d$, $121d$. Diodele Zener Z limitează tensiunea bază-emitor la tranzistoarele T, respectiv curentul de bază al tranzistoarelor.

Întreruperile sau scurtcircuitele conduc la dispariția curenților de control care determină dezexcitarea releelor $n\,d$ ($n = 51, 61, 62, 71, 81, 91, 101, 111, 112, 121$) semnalizată prin contactele normal închise nd. Defecțiunile trebuie remediate imediat, pentru ca în caz de scurtcircuit sistemul de protecție prin relee să funcționeze corect.

Pînă la remedierea defectului, declanșarea rapidă este blocată, prin contactele $n\,d$ la întreruptoarele la care releele $nRTp$ sînt scoase din funcțiune, evitînd astfel declanșarea rapidă neselectivă a întreruptoarelor respective. În acest caz, funcționează protecția maximală de curent temporizată. Funcția de rezervare la refuz de declanșare a întreruptoarelor realizată prin releele $nRTp$ este pierdută pînă la remedierea defectului.

Avînd în vedere cele arătate anterior, rezultă că întreruperile și scurtcircuitele ce afectează baretele $+1br$, $+2br$, $-br$, precum și întreruperile bobinelor releelor de timp legate la aceste barete nu pot produce declanșări neselective ale întreruptoarelor datorită controlului automat și permanent al integrității circuitelor efectuat cu tranzistoarele T și releele nd. De asemenea, întreruperile diodelor D și ale rezistențelor R din circuitele de protecție ale motoarelor de 6kV și ale transformatoarelor de 6/0,4kV nu produc declanșări neselective ale întreruptoarelor din amonte datorită temporizării de valoarea unei trepte de timp de selectivitate (0,4s).

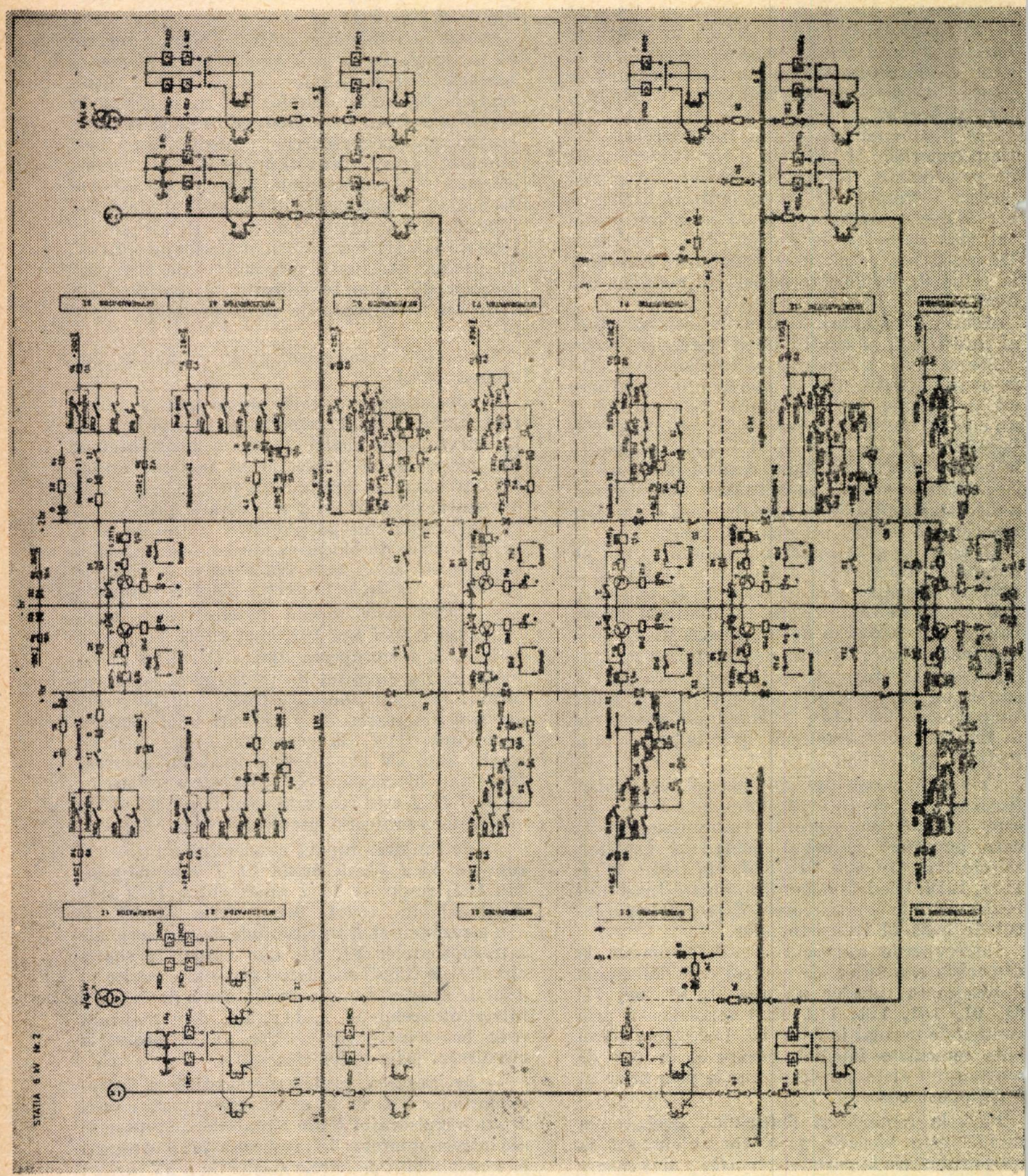
Declanșări neselective, puțin probabile, pot apărea astfel:

— declanșarea rapidă neselectivă a întreruptoarelor $5I$ sau $7I$, cînd cupla $6I$ este închisă, la întreruperea diodei D sau a rezistenței R din circuitul de protecție al întreruptorului $6I$, dar numai la scurtcircuit pe secția de bare din stația de 6kV nr. 2 alimentată prin cupla $6I$ (la scurtcircuit pe plecările stației de 6kV nr. 2, funcția de blocare a declanșării întreruptoarelor $5I$ și $7I$ este realizată prin baretele $+1br$, $+2br$ de la protecția plecării defecte);

— declanșarea rapidă neselectivă a întreruptoarelor 10 I sau $12I$, cînd cupla 11 I este închisă, la întreruperea diodei D sau a rezistenței R din circuitul de protecție al întreruptorului $11I$, dar numai la scurtcircuit pe secția de bare din stația de 6 kV nr. 1 alimentată prin cupla $11\,I$ (la scurtcircuit pe plecările stației de 6 kV nr. 1 sau în aval de acestea, funcția de blocare a declanșării întreruptoarelor 10 I și $12\,I$ este realizată prin baretele $+1br$ $+2br$ de la protecția circuitului primar defect);

— declanșarea rapidă neselectivă a întreruptoarelor 11 I (dacă cupla 11 I este închisă) sau $10I$, respectiv 12 I (dacă cupla 11 I este deschisă) în cazul întreruperii diodei D sau a rezistenței R în circuitele de protecție ale întreruptoarelor $8I$, $9I$, dar numai la scurtcircuite pe fiderii respectivi (la scurtcircuite în aval de aceștia, funcția de blocare a declanșării întreruptoarelor 10 I, $11I$, $12I$ este realizată prin baretele $+1br$, $+2br$ de la protecția circuitului primar defect);

— declanșarea rapidă neselectivă a întreruptoarelor 8 I, $9I$ în cazul întreruperii diodei D sau a rezistenței R din circuitele de protecție ale întreruptoarelor 5 I, respectiv $7I$, dar numai la scurtcircuite pe barele stației de 6 kV nr. 2; în acest caz vor declanșa întreruptoarele 8 I, $9I$ împreună cu întreruptoarele $5I$, $7I$, ceea ce nu reprezintă un dezavantaj esențial deoarece



fiderii respectivi sînt întrerupți prin declanșarea întreruptoarelor $5I$, $7I$.

Pentru a evita întreruperea circuitelor de protecție la întreruperea unei diode D se pot monta cîte două diode (sau chiar mai multe) în paralel. Costul este redus, iar spațiul ocupat în plus este neglijabil

De asemenea, se pot monta cîte două diode Zener Z în paralel, pentru a evita distrugerea joncțiunii bază-emitor a tranzistorului T la întreruperea diodei Zener.

Este de remarcat că întreruperea joncțiunii bază-emitor determină și întreruperea curentului de colector, deci declanșarea releului *nd* corespunzător (defectul este semnalizat). Montarea în paralel a două diode D sau a două diode Zener Z se va aplica dacă în exploatare se constată o fiabilitate insuficientă a acestora.

Localizarea întreruperilor baretelor $+1br$, $+2br$, $-br$ este facilitată de semnalizările releelor *nd*.

Pentru aplicații practice ale sistemului de protecție prin relee din figura 6 se pot utiliza următoarele elemente de circuit, dacă tensiunea operativă este 220 V c.c. (pentru comandă și semnalizare):

— releele de timp: tip *RTpa*-5, 220 V c.c., rezistența bobinei 1750 Ω;

— releele *nd*: tip *RI*-10 sau RI-13, 220 V c.c., 3W;

— tranzistor $T(npn)$: tip BF 259, tensiunea maximă colector-emitor $V_{CEmax} = 300$ V, curentul maxim de colector $I_{CEmax} = 100$ mA, puterea disipată maximă $P_{tot.max} = 0{,}8$ W;

— rezistența r_B: rezistență cu peliculă metalică tip RMG 2025; 3kΩ; 0,25W;

— rezistențele $1R$, $2R$: rezistență cu peliculă metalică tip RMG 1200; 40 kΩ; 2W;

— dioda Zener Z; tip PL3V3Z, 3,3 V ± 0,2V, curent mediu 100 mA, curent maxim 285 mA;

— diodele D, $D1$, $D2$: dioda redresoare cu siliciu tip 6SI12, tensiune inversă 1200 V, curent direct 6A;

— rezistențele R: rezistență bobinată tip RBP 6160; 82Ω; 160 W.

Componentele electronice se fabrică la IPRS-Băneasa și ICEP-Curtea de Argeș, iar releele la „Electromagnetica"-București.

Componentele electronice aferente fiecărui întreruptor se pot monta pe plăci cu circuite imprimate, utilizate curent în instalațiile electronice industriale. Astfel de plăci, debroșabile, se fabrică la „Conect"-București.

Concluzii

Este prezentat un sistem de protecție prin relee pentru rețele electrice radiale care utilizează protecții maximale de curent temporizate instalate la întreruptoarele circuitelor — ca și sistemul de protecție clasic aplicat în prezent — dar asigură, cu ajutorul unor canale de transmitere a informațiilor (baretele $+1br$, $+2br$, $-br$), lichidarea rapidă (0,4 s) a scurtcircuitelor și rezervarea la refuz de declanșare a întreruptoarelor, inclusiv pentru defecte la care nu sînt sensibile protecțiile maximale de curent ale întreruptoarelor din amonte.

În cazul defectării canalelor de transmitere a informației (baretele $+1br$, $+2br$, $-br$) prin scurtcircuite sau întreruperi de circuit, sistemul de protecție propus își pierde parțial avantajele (rapiditatea lichidării scurtcircuitelor și rezervarea la refuz de declanșare a întreruptoarelor) în funcție de locul și natura defectului apărut — rămînînd în funcțiune protecțiile maxmale de curent temporizate, clasice — fără pericol de declanșări neselective (schema din figura 6) și semnalizînd automat apariția defectelor în canalele de transmitere a informațiilor. Sistemul de protecție propus poate fi implementat relativ ușor și în rețele electrice radiale existente.

Bibliografie

[1] Covar, E. *Particularități ale utilizării unor tipuri de protecții prin relee într-un combinat chimic cu proces tehnologic continuu.* În: Energetica, nr. 7–8, 1975.

[2] Covar, E. *Cîteva posibilități de accelerare a protecțiilor prin relee într-o întreprindere industrială.* În: Energetica, nr. 9–10, 1975.

[3] Covar, E. *Asigurarea deconectării circuitelor defecte la refuz de declanșare a întreruptoarelor circuitelor în stațiile de 6 kV din întreprinderi industriale.* În: Energetica, nr. 10, 1977.

[4] Covar, E. *Protecție comparativă rapidă împotriva scurtcircuitelor în rețele electrice.* În: Energetica, nr. 10, 1978.

(Articol intrat în redacție la 16 aprilie 1979)

Condiţii de închidere a buclelor în reţelele de înaltă tensiune

Dr. ing. Jean Constantinescu,
dr. ing. Călin Mihăileanu*)

Loop closing conditions in high volage networks

(Condensed from the paper in Romanian)

The closing of loops in high and very high voltage networks should lead neither to the exceeding of the maximum transportable powers nor to the loss of synchronism at some generators.

Some simple criteria valid for an extensive field of possible situations based on the information available at the operative dispatcher control are needed in order to check on the fulfilling of these conditions, when the network manoeuvres are unprogrammed.

The shortcircuit currents (powers) are, as is outlined in the paper, the additional information needed to take into account the structure conditions.

The shortcircuit currents are relatively time-stable and can be determined apriori. They are widely used already for solving some practical problems connected to the prevention of their harmful effects as well as to the synthetic characterization of the network structure and regime.

Together with the criterion of voltages differences at the switching terminals which close the loops, the triphasic shortcircuit currents can characterize the steady state and the transient in these points quite precisely.

By means of the Householder-Woodbury and Thévenin theoreme the initial value of the current through the network element helping to close the loop can be expressed quite simple, compared to the considered indicators.

The initial current is the higher as the shortcircuit currents at the ends of the network elements are higher and closer to each other in value and as the (phasic) differences between the voltages of these ends, previous to the connection, are larger.

A current shock coefficient at the closing point can be defined as a ratio between its initial and stabilized values.

The shock coefficient depends mainly on the system structure in the considered point (i.e. on the shortcircuit currents) and only to a very small degree on the network regime previous to closing. This coefficient is small if the two shortcircuit currents are high and close in value.

The shortcircuit currents also characterize the transient circulation evolution within the loop.

The exact results of a study on transients caused by loop closings have been correlated to the parameters of a simple expression where there occur: the shock coefficient, the periodical current component oscillation duration and the component winding damping time. Thus, three characteristical situations as compared to the absolute and relative value of shortcircuit currents have been identified.

The low circulations transients parameters show that the generators stability is not endangered by this kind of distrubances. The basic protections of 110—400 kV networks can operat only if the final value of the current through the loop closing element exceeds the maximum transportable power.

Under these circumstances the limit values of the basic criterion which enables unprogrammed configuration changes of transport networks within the national power system control have been determined.

Consideraţii preliminare

Închiderea buclelor în reţelele de 110, 220 şi 400 kV nu trebuie să conducă la depăşirea puterilor maxime transportabile prin elementele reţelei şi nici la periclitarea stabilităţii tranzitorii a unor generatoare.

Pentru verificarea îndeplinirii acestor deziderate, atunci cînd manevrele care se efectuează sînt neprogramate, sînt necesare criterii simple, valabile într-un domeniu larg de situaţii posibile, bazate pe informaţiile de care dispune în practica curentă conducerea operativă prin dispecer.

Criteriul sau indicatorul limită cel mai simplu care se poate avea în vedere, este reprezentat de diferenţa dintre tensiuni la locul de închidere [6].

Singură, această informaţie nu este suficientă. Ei trebuie să i se asocieze o indicaţie care să ţină seama de condiţiile concrete de structură ale sistemului electroenergetic în punctul considerat, în general foarte diferite. Acest indicator suplimentar trebuie, de asemenea, să fie uşor de stabilit, fie printr-o evaluare comodă în condiţii operative, fie, pe baza unor determinări efectuate apriori. În acest ultim caz este însă necesar ca informaţia să caracterizeze punctul considerat din reţea pentru o perioadă de timp cît mai îndelungată şi, pe cît posibil, să aibă şi alte utilizări în conducerea operativă prin dispecer.

Aceste condiţii sînt bine îndeplinite de către curenţii (puterile) de scurtcircuit, care au deja o largă aplicabilitate la rezolvarea unor probleme practice, legate atît de prevenirea efectelor lor nocive cît şi de informaţia pe care o conţin despre structura şi regimul reţelei [1].

Aşa cum se va arăta în continuare, curenţii de scurtcircuit trifazaţi pot caracteriza suficient de exact fenomenele ce au loc în reţea în şi după momentul închiderii buclelor. Împreună cu valorile diferenţelor dintre amplitudinile şi fazele tensiunilor la locul de închidere, pot constitui informaţia necesară şi suficientă pentru verificarea condiţiilor admisibile de efectuare a acestor manevre.

1. Valoarea iniţială a curentului prin elementul de reţea cu care se închide bucla

Presupunînd daţi curenţii la nodurile reţelei, tensiunile nodale se obţin prin rezolvarea ecuaţiei matriciale bine cunoscute:

$$U = Y^{-1} \cdot I \qquad (1)$$

Schimbarea structurii reţelei, în sensul conectării unui grup s de elemente, are ca efect modi-

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

ficarea matricei sistemului, exprimată prin formula lui Householder — Woodbury [5]:

$$U_{MOD} = Y_{MOD}^{-1} \cdot I \tag{2}$$

$$Y_{MOD}^{-1} = Y^{-1} - Y^{-1} \cdot A_s \cdot Z_s^{-1} \cdot A_s^t \cdot Y^{-1}, \tag{3}$$

în care $Z_s = y_s^{-1} + A_s^t Y^{-1} A_s$, y_s este matricea diagonală a elementelor de rețea conectate, iar A_s este matricea de incidență noduri-elemente de rețea conectate.

Sistemul (2) se poate rezolva cu un procedeu care oferă avantaje de calcul, determinînd vectorul soluției astfel:

$$U = U_1 + U_2 \tag{4}$$

unde

$$\begin{aligned} Y U_1 &= I \\ Y U_2 &= I_s \\ I_s &= A_s \cdot i_s \\ Z_s \cdot i_s &= -A_s^t \cdot U_1, \end{aligned} \tag{5}$$

în care i_s reprezintă vectorul*) curenților ce se stabilesc în elementele de rețea care se conectează (vectorul $E_s = A_s^t \cdot U_1$ reprezintă diferențele ΔU dintre tensiunile nodurilor între care se conectează aceste elemente, înainte de conectare).

Dacă în rețea se realizează o singură legătură suplimentară $(i - j)$, matricea Z_s se reduce la un singur element definit prin relația

$$Z_s = Z + Z_{ii} + Z_{jj} - 2 \cdot Z_{ij} \tag{6}$$

în care Z este impedanța legăturii iar Z_{ii}, Z_{jj}, și Z_{ij}, elemente din matricea impedanțelor nodale, $Z = Y^{-1}$.

Extinzînd rețeaua pînă la tensiunile electromotoare „din spatele" reactanțelor tranzitorii (sau supratranzitorii) ale mașinilor sincrone și transformînd sarcinile în impedanțe constante, se obține modelul de calcul folosit la determinarea valorilor inițiale ale mărimilor în regimurile (de scurtcircuit trifazat) caracterizate de variații rapide. Modelul se descrie de asemenea prin ecuații de forma (1), în care însă tensiunea U_i a nodului cu defect este nulă.

Aplicînd teorema lui Thévenin, curentul de scurtcircuit la locul de defect se obține din raportul dintre tensiunea U_i^0, anterioară defectului, și impedanța rețelei „văzută" prin acest punct. Se poate deci scrie

$$\begin{aligned} Z_{ii} &= U_i^0 / I_{sc_i} \\ Z_{jj} &= U_j^0 / I_{sc_j} \end{aligned} \tag{7}$$

*) Simbolurile mărimilor desemnează cantități complexe, matrice sau elemente simple, în conformitate cu precizările din text.

Tensiunile la scurtcircuit în celelalte noduri se obțin ca diferențe între tensiunile inițiale U_j^0 și căderile de tensiune provocate de circulația curentului total de scurtcircuit prin circuite (fictive) de impedanță Z_{ij} respectiv

$$Z_{ij} = \frac{U_i^0 - U_i^{sc_j}}{I_{sc_j}} = \frac{U_j^0 - U_j^{sc_i}}{I_{sc_i}} \tag{8}$$

în care $U_i^{sc_j}$ și $U_j^{sc_i}$ sînt tensiunile nodurilor i și j, corespunzătoare unor defecte în j, respectiv i.

Folosind ultima relație (5) și ținînd seama de (6), (7) și (8), expresia curentului i_s în momentul conectării este:

$$i_{s_0} = \frac{\Delta U^0}{Z + U_j^{sc_i}/I_{sc_i} + U_i^{sc_j}/I_{sc_j} + \Delta U^0 (1/I_{sc_i} - 1/I_{sc_j})} \tag{9}$$

în care: $\Delta U^0 = U_i^0 - U_j^0$.

În concluzie, valoarea inițială (maximă) a curentului care se stabilește în elementul de rețea ce închide o buclă se poate determina pe baza regimului de scurtcircuit trifazat, anterior conectării.

Curentul i_{s0} este cu atît mai mare cu cît curenții de scurtcircuit trifazat la extremitățile legăturii care închide bucla sînt mai mari și mai apropiați ca valoare, cu cît impedanța legăturii este mai mică și cu cît diferențele dintre amplitudinea și argumentul tensiunilor la capetele legăturii, anterioare conectării acesteia, sînt mai mari.

Se poate defini și un „*coeficient de șoc*" al curentului prin elementul de rețea care închide bucla:

$$k_s = i_{s0} / i_{sf}, \tag{10}$$

în care i_{sf} este curentul final prin elementul de rețea ce realizează închiderea. Acesta se poate determina dintr-un calcul de regim staționar sau folosind relația (9), în care curenții și tensiunile de scurtcircuit se calculează cu modelul de regim staționar al rețelei (fără impedanțele sarcinilor și generatoarelor).

Coeficientul de șoc depinde în mică măsură de regimul rețelei anterior închiderii, în conformitate cu relațiile (9) și (10).

Acest coeficient este determinat în special de structura rețelei și generatoarelor în vecinătatea punctului considerat, altfel spus, de mărimea curenților de scurtcircuit trifazat, care reprezintă o caracteristică a nodului de rețea.

Coeficientul de șoc este cel mai mic dacă curenții de scurtcircuit la extremitățile legăturii sînt mari ($k_0 = 1$, dacă la cele două extremități sînt conectate generatoare de putere infinită)

și, de asemenea, dacă curenții de scurtcircuit sînt mai apropiați ca valoare.

2. Parametrii procesului tranzitoriu din rețea care urmează închiderii buclei

Acest studiu, efectuat cu un program de calcul care permite simularea regimurilor tranzitorii de tip electromecanic, pe termen scurt, ale sistemelor electroenergetice de mari dimensiuni [4], a avut ca scop analiza comportării dinamice a generatoarelor în regimul perturbat și determinarea parametrilor ce caracterizează evoluția tranzitorie a circulațiilor de curenți și de puteri în bucle.

Schema de calcul al sistemului electroenergetic național corespunde situației de la începutul anului 1980. Au fost reprezentate distinct 905 noduri de rețea și 93 de generatoare, inclusiv sistemele de reglare aferente, de tip standard. Sistemele electroenergetice cu care SEN este interconectat s-au reprezentat printr-un model echivalent de tipul REI—DIMO [1], cu șase noduri de rețea și trei generatoare.

Pe schema considerată a sistemului, au fost selecționate 30 de posibilități de închidere de bucle în rețea, prin LEA sau cuple. Selecția s-a făcut astfel, încît să fie cuprinse condiții de regim sau de structură locală a sistemului, pe cît posibil mai diverse sub următoarele aspecte : diferențele dintre tensiuni la locul de închidere, puterile de scurtcircuit, tensiunile nominale, prezența/absența unor centrale puternice în zone, conectarea de LEA interne ale SEN sau de interconexiune ș.a.

Pentru caracterizarea de o manieră simplă a evoluției tranzitorii a circulației în buclă, în continuare rezultatele exacte ale studiului se vor referi la parametrii următoarei expresii :

$$i_s = I_{sf}\left[1 + (k_s - 1)\cdot e^{-\frac{t}{T_a}}\cdot \cos\left(2\pi\frac{t}{T_p}\right)\right], \quad (11)$$

în care I_{sf} este valoarea eficace finală a curentului prin elementul de închidere, T_p, constanta de timp de amortizare a înfășurătoarei componentei periodice a curentului i_s.

Rezultatele simulărilor de regimuri tranzitorii au arătat o bună concordanță între valorile inițiale ale curentului prin linia sau cupla cu care se închid buclele în rețea în raport cu valorile determinate cu expresia (9), diferențele fiind în marea majoritate a cazurilor sub 5%.

Oscilațiile tensiunilor după închiderea buclelor sînt relativ reduse, în general sub 1%.

Oscilațiile curenților (puterilor) în bucle, în particular la locul de închidere, depind evident de puterile de scurtcircuit (fig. 1, *a*, *b*, *c*), procesele tranzitorii grupîndu-se în următoarele categorii esențiale :

a) oscilații puternice ($k_s = 1{,}7 - 1{,}9$), relativ mai lente ($T_p = 1{,}0 - 1{,}2$ s) și slab amorti-

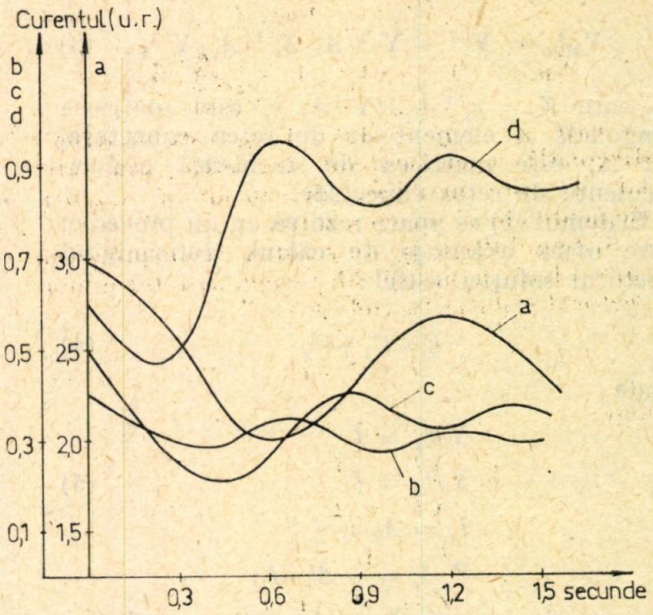


Fig. 1. Variația curentului la locul de închidere a buclei : *a* — LEA de 220 kV Arad-Szeged ; *b* — cupla 220 kV stația Ișalnița ; *c* — LEA de 220 kV Ișalnița-Kozlodui ; *d* — cupla 220 kV stația Porțile de Fier.

Fig. 1. Current variation at the loop closing point : *a* — 220 kV OHEL Arad-Szeged ; *b* — 220 kV coupling Ișalnița station ; *c* — 220 kV OHEL Ișalnița-Kozlodui ; *d* — 220 kV coupling Iron Gates station.

zate ($T_a = 3-5$ s), *dacă ambele puteri de scurtcircuit sînt reduse* ;

b) oscilații de amplitudine (relativ) mică ($k_s = 1{,}05-1{,}2$), cu perioadă redusă ($T_p = 0{,}6-0{,}8$ s), care se amortizează relativ lent ($T_a = 2-4$ s), *dacă ambele puteri de scurtcircuit sînt mari* ;

c) prima oscilație are o amplitudine ridicată ($k_s = 1{,}8-2{,}1$), amortizarea este rapidă ($T_a = 1-2$ s), iar perioada de oscilație este cuprinsă între 0,8 și 1,0 s, *dacă una din cele două puteri de scurtcircuit la locul de închidere are o valoare de cîteva ori mai ridicată decît cealaltă.*

Ca o constatare generală, abaterile circulației de la expresia simplificată (11) sînt cu atît mai importante cu cît în apropierea capetelor elementului de închidere se află centrale mai importante. Influența directă a sistemelor de reglare automată a excitației generatoarelor asupra procesului tranzitoriu se poate manifesta prin oscilația și stabilizarea curentului (puterii) la valori mai mici sau mai mari (fig. 1 *d*).

3. Rezultate

Caracteristicile regimului tranzitoriu al circulațiilor în buclă arată că stabilitatea generatoarelor nu este periclitată de acest gen de

perturbații. De asemenea, protecțiile de bază din rețelele de 110—220 și 400 kV au condiții să acționeze în cursul regimului tranzitoriu numai dacă valoarea finală, stabilizată, a circulației de putere prin elementul care închide bucla nu depășește puterea transportabilă sau admisibilă.

Circulația de putere stabilizată (MVA) poate depăși valoarea admisibilă, la valori mari ale modulului diferenței dintre tensiuni la locul de închidere, conjugat cu valori mari și apropiate între ele ale celor două puteri de scurtcircuit la bornele întrerupătorului.

Dacă bucla se închide printr-o linie, este necesar să fie estimată puterea de scurtcircuit la borna dinspre linie a întrerupătorului. În acest scop se pot folosi valoarea puterii de scurtcircuit pe bara de la celălalt capăt al liniei și diagrame precalculate.

Dacă I^a_{sc} și I^b_{sc} sînt curenții de scurtcircuit reali la bornele întrerupătorului și

$$\begin{aligned} I^a_{sc} &\neq I^b_{sc} \\ I^c_{sc} &= (I^a_{sc} + I^b_{sc})/2 \\ I^d_{sc} &= max(I^a_{sc},\ I^b_{sc}), \end{aligned} \tag{12}$$

relația (9) conduce la următorul rezultat :

$$i_{s(I^a_{sc},\ I^b_{sc})} < i_{s(I^c_{sc},\ I^c_{sc})} < i_{s(I^d_{sc},\ I^d_{sc})} \tag{13}$$

Valorile de închidere se stabilesc, din motive de simplitate și generalitate, în următoarele ipoteze :

— neglijarea impedanței elementului cu care se închide bucla ;

— $I_{sc\,i} = I_{sc\,j} = 0 + jI_{sc}$;

— i_{sf} determinat din i_{s0} pe baza unor coeficienți de șoc acoperitori.

Pentru ca aceste ipoteze că nu conducă la rezultate nejustificat de acoperitoare, ținînd seama de relațiile (13), la determinarea valorilor-limită ale criteriului se ia în considerare media aritmetică a puterilor de scurtcircuit la locul de închidere.

De asemenea, este de preferat ca aplicarea criteriului propus să nu facă necesar un control al circulațiilor în toate elementele buclei.

Acest deziderat se poate realiza admițînd ipoteza, după care capacitățile maxime de transport ale elementelor din bucle nu pot fi depășite, dacă circulația la locul de închidere este sub 80 MVA la 110 kV, 300 MVA la 220 kV și 800 MVA la 400 kV.

În condițiile enumerate mai sus, au fost predeterminate valorile-limită ale criteriului, modulul diferenței tensiunilor, corespunzătoare rețelelor de 110—400 kV ale SEN [7]. Pentru exemplificare, acestea s-au formulat astfel :

„modulul diferenței tensiunilor cel mult 40% din tensiunea nominală iar puterea de scurtcircuit cel mult 800 MVA (U_n = 110 kV), 2500MVA(U_n=220kV)5500MVA(U_n=4000kV)".

Concluzii

Criteriul propus pentru verificarea îndeplinirii condițiilor de închidere a buclelor în rețelele electrice de transport (manevre neprogramate) este modulul diferenței (fazoriale) dintre tensiunile la bornele întrerupătorului. Parametrii față de care se exprimă sînt puterile de scurtcircuit trifazat și tensiunea nominală la locul de închidere.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Modele REI și indicatori de stare. Sisteme energetice interconectate.* Editura Academiei R.S.R., București, 1979.

[2] Dimo, P. *Principiul suprapunerii efectelor, metodă unitară de analiză a rețelelor.* În : Electrotehnica, nr. 4, 1961.

[3] Mihăileanu, C. *Circuitul echivalent al multipolului liniar activ față de toți polii săi.* În : Energetica, nr. 6, 1970.

[4] Constantinescu, J. *Study of the transient processes in large-scale power systems.* În : Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. Energ., nr. 2, 1982.

[5] Householder, A. S. *Principles of numerical analysis.* Mc Graw Hill, New York, 1953.

[6] Milițescu, I. și Petroianu, A. *Determinarea experimentală a unor parametri caracteristici ai sistemului energetic național.* În : Energetica, nr. 12, 1965.

[7] * * * *Stabilirea condițiilor limită în care pot fi închise buclele în rețeaua de transport a SEN, fără periclitarea regimului sistemului.* ICEMENERG, 1979.

(Articol intrat în redacție la 17 iunie 1982)

Aspecte privind regimurile de încălzire a locuințelor în sistemul de termoficare București în iarna 1980—1981*)

Ing. **Gr. Iorgulescu** și ing. **O. Țuțuianu****)

În țara noastră, consumul de energie aferent încălzirii locuințelor și preparării apei calde pentru scopuri sanitare are o pondere însemnată (circa 75%) în consumul casnic de energie, care la nivelul anului 1978 a reprezentat 13,3 % din consumul intern de energie primară [1].

În prezent circa 32% din consumul pentru încălzire și pentru prepararea apei calde se asigură prin energie termică produsă în sisteme centralizate.

Corespunzător politicii energetice raționale promovată de conducerea de partid și de stat, livrarea căldurii în regim de termoficare (prin producere combinată cu energia electrică) s-a extins continuu în ultimele două decenii, atît în capitala țării cît și în alte orașe.

Capacitățile de producere și de livrare a energiei termice integrate în sistemele de termoficare asigură în prezent alimentarea a peste 600 000 de apartamente, din care peste 320 000 în municipiul București.

Majoritatea acestor surse sînt instalate în centralele electrice de termoficare ale M.E.E., ce asigură astăzi termoficarea a 14 centre urbane, la care se vor adăuga încă 13 în cincinalul 1981—1985.

În anul 1980, energia termică livrată din sursele M.E.E. pentru încălzirea populației a fost de 36 395 TJ (8507 Tcal), din care 16 616 TJ (3975 Tcal) pentru consumul capitalei, 18,3 % din totalul energiei termice livrate.

Actualele sisteme de termoficare urbane, care utilizează drept agent termic apa fierbinte, au căpătat o mare complexitate, datorată în special diversității tipurilor de consumatori care cuprind, pe lîngă blocurile de locuințe din noile cartiere ale orașelor, consumatori industriali, instituții, așezăminte sociale, sere legumicole și horticole și chiar locuințe individuale. La acestea se mai adaugă diversitatea amplasamentelor, a materialelor de construcție (zidărie, izolație termică etc.), precum și starea de etanșeitate a ușilor și a suprafețelor vitrate aferente încăperilor încălzite.

Pe măsura creșterii consumurilor de căldură și a distanțelor de transport a agenților termici apar probleme deosebite în exploatarea sigură și economică a sistemelor de termoficare.

Printre măsurile care condiționează funcționarea sistemelor de termoficare cu consum minim de combustibili și energie, un loc primordial îl ocupă reglajul livrării căldurii, care are drept scop menținerea temperaturilor din interiorul spațiilor încălzite la nivelul valorilor normate.

În cele ce urmează se prezintă rezultatele practice ale unor măsurători privind regimurile de încălzire a locuințelor efectuate în iarna 1980/1981 în municipiul București, cel mai mare sistem de termoficare urbană din România, în care puterea termică instalată a atins în prezent valoarea de 4700 MW (4040 Gcal/h).

1. Ecartul de temperatură în circuitele primare și secundare

În iarna 1980/81, în capitală, ca și în alte centre termoficate din țară, s-au întîmpinat dificultăți în alimentarea cu combustibili a centralelor electrice de termoficare, ca urmare a reducerii presiunii în rețelele magistrale de gaze naturale, cauzată de scăderea temperaturii exterioare , precum și de unele indisponibilități ale instalațiilor de transport, în condițiile în care combustibilul de rezervă (păcura) nu a putut fi asigurat ritmic și în cantitățile necesare. În această situație, pentru înscrierea consumatorilor în cantitățile de energie termică repartizate, corespunzătoare cotelor de combustibili alocate, livrarea apei fierbinți în sistemul de termoficare s-a făcut pe baza unei diagrame de reglaj corectate (120/60°C) față de diagrama inițială (150/70°C).

Măsurătorile efectuate în perioada decembrie 1980—februarie 1981 la mai multe puncte termice (PT) urbane au arătat că diferențele de temperatură intrare-ieșire în circuitul primar (Δt_p^*) se situează sub cele corespunzătoare diagramei de reglaj inițiale și chiar sub cele aferente diagramei de reglaj corectate, așa cum reiese din graficele prezentate în figura 1.

Măsurătorile efectuate cu termometre înregistratoare în apartamentele alimentate din PT—M—Griviția au pus în evidență o temperatură interioară medie de +17°C, la temperatura exterioară $t_e = 0$°C.

Notînd cu $q\left(\text{kW};\ \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$ necesarul de căldură pentru încălzire corespunzător regimului cu temperatura interioară $t_i = +18$°C și cu q^* necesarul de căldură corespunzător lui $t_i^* = +17$°C, rezultă:

$$q = k(t_i - t_e) = k(18-0) = 18k \qquad (1)$$

$$q^* = k(t_i^* - t_e) = k(17-0) = 17k, \qquad (2)$$

*) Comunicare prezentată la a IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, Brașov, 3—5 decembrie 1981.

**) Ing. Grigore Iorgulescu și ing. Ovidiu Țuțuianu lucrează în Ministerul Energiei Electrice — Direcția tehnică.

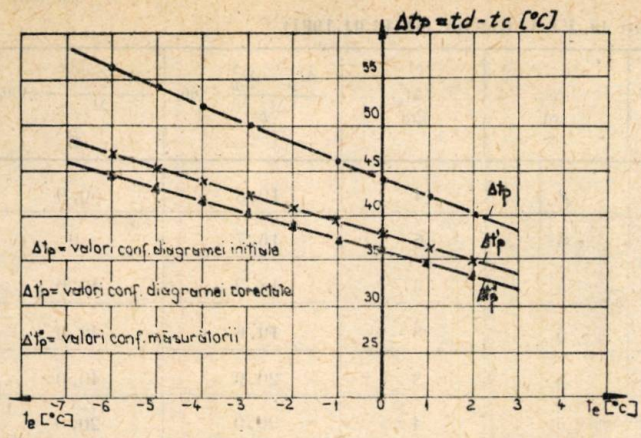


Fig. 1. Variația ecartului de temperatură în circuitul primar în funcție de temperatura exterioară.

de unde,

$$\frac{q^*}{q} = \frac{17k}{18k} = 0{,}945 \qquad (3)$$

Pe de altă parte;

$$q = G \cdot c(t_d - t_i) = G \cdot c\Delta t_p, \qquad (4)$$

unde

G este debitul de agent termic, kg/s; (kg/h);
c — căldura specifică medie a agentului termic, kJ/kg · K; (kcal/kg·grd);
t_d — temperatura agentului termic pe ducere, K (°C);
t_i — temperatura agentului termic pe întoarcere, K (°C).

Similar:

$$q^* = G^* \cdot c(t_d^* - t_i^*) = G^* \cdot c \cdot \Delta t_p^* \qquad (5)$$

Efectuind raportul relațiilor (5) și (3), rezultă

$$\frac{q^*}{q} = \frac{G_p^* \cdot \Delta t_p^*}{G_p \cdot \Delta t_p} \qquad (6)$$

sau:

$$\frac{G_p^*}{G_p} = \frac{\Delta t_p}{\Delta t_p^*} \cdot \frac{q^*}{q} \qquad (6')$$

Ținînd seama de relația (3) și întrucît din datele prezentate în tabelul 1, $\Delta t_p = 47{,}3$ grd, iar $\Delta t_p^* = 38{,}8$ grd, rezultă:

$$\frac{G_p^*}{G_p} = \frac{47{,}3}{38{,}8} \cdot 0{,}945 = 1{,}22 \cdot 0{,}945 = 1{,}15 \qquad (6'')$$

În concluzie, s-a vehiculat în circuitul primar un debit de apă fierbinte cu 15% mai mare decît cel corespunzător diagramei de reglaj.

Păstrînd același raționament, în cazul circuitului secundar se obține:

$$q = G_s \cdot c \cdot \Delta t_s \qquad (7)$$

și

$$q^* = G_s^* \cdot c \cdot \Delta t_s^* \qquad (8)$$

iar

$$\frac{G_s^*}{G_s} = \frac{\Delta t_s}{\Delta t_s^*} \cdot \frac{q^*}{q}$$

Din tabelul 1, $\Delta t_s = 5{,}8$ grd, iar $\Delta t_s^* = 3{,}8$ grd Deci:

$$\frac{G_s^*}{G_s} = \frac{5{,}8}{3{,}8} \cdot 0{,}945 = 1{,}53 \cdot 0{,}945 = 1{,}45 \qquad (9')$$

În consecință, s-a vehiculat și în circuitul secundar un debit de apă caldă cu circa 45% mai mare decît cel corespunzător diagramei de reglaj (fig. 2).

Transportul unor debite suplimentare de agenți termici atît în circuitul primar cît și în cel secundar se traduce prin consumuri suplimentare de energie electrică pentru pompaj în CET-uri și respectiv la PT.

În perioada 19—22.02.1881, reglajul parametrilor în sistemul de termoficare București s-a realizat pornind de la valori ale temperaturii pe ducere mai apropiate de diagrama de reglaj nominală. În această perioadă s-au efectuat citiri ale temperaturilor în 1228 de apartamente, obținîndu-se următoarele rezultate:

$+17°C < t_i < +18°C \rightarrow 29{,}0\%$

$+18°C < t_i < +19°C \rightarrow 63{,}7\%$

$t_i > +19°C \rightarrow 7{,}3\%$

Parametrii din circuitele primare și secundare, măsurați la 34 de puncte termice, au indicat îmbunătățirea schimbului de căldură, în condițiile în care debitele de apă vehiculate în rețelele primare au fost mai mici decît cele rezultate din studiul de regim hidraulic (tabelul 2).

Aceste rezultate, coroborate și cu cele arătate mai sus, demonstrează că în dimensionarea circuitelor primare și secundare există rezerve importante și corectarea acestora pe baza condițiilor concrete de exploatare conduce la creșterea siguranței și mai ales a economicității întregului sistem de termoficare.

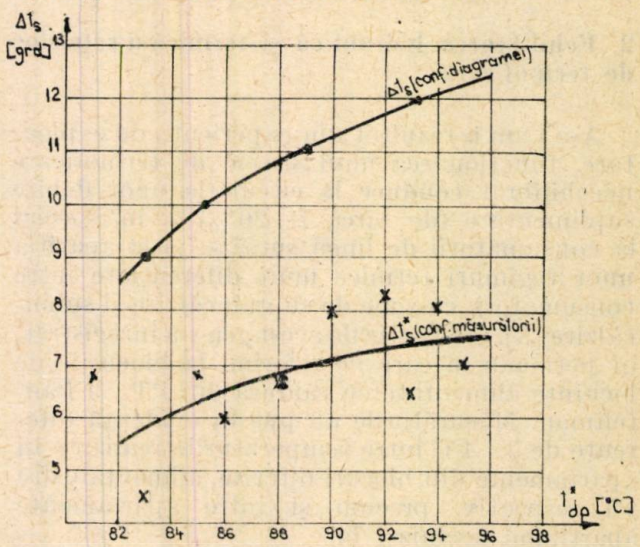


Fig. 2. Variația ecartului de temperatură în circuitul secundar în funcție de temperatura pe ducere măsurată în circuitul primar.

Tabelul 1

Parametrii agenților termici măsurați la PT-M Griviția (16-18.01.1981)

Nr. crt.	t_e, °C	Δt_p, grd	Δt_p^*, grd	$\Delta t_s'$, grd	Δt_s, grd	Δt_s^*, grd	$\frac{\Delta t_p - \Delta t_p^*}{\Delta t_p} \times 100$, %	$\frac{\Delta t_s - \Delta t_s^*}{\Delta t_s} \times 100$, %
1	+3	38	34	8	8	4	10,8	50,0
2	+1	42	35	9	6	6	16,7	0
3	0	44	36	10	5	3	18,2	40,0
4	−1	46	37	11	5	3	19,6	40,0
5	−2	48	38	12	5	3	20,9	40,0
6	−3	50	40	12	5	4	20,0	20,0
7	−4	52	42	13	6	3	19,3	50,0
8	−7	58	48	14	6	4	17,3	33,3
Media	−1,6	47,3	38,8	11,1	5,8	3,8	17,9	34,3

te = temperatura exterioară;

$\Delta t_p = t_d - t_i$ = ecartul de temperatură pe circuitul primar conform diagramei;

Δt_p^* = idem, valori măsurate;

$\Delta t_s'$ = ecartul de temperatură pe circuitul secundar conform t_{d_p} din diagramă;

Δt_s = idem, conform t_{d_p} realizat;

Δt_s^* = idem, valori măsurate.

Tabelul 2

Regimul de livrare a căldurii în București (20—21.02.1981)

Data	te medie, °C	Energia termică, livrată din sursele IE București, Gcal	Debit mediu de apă fierbinte, t/h	Debit de apă conform studiului de regim, t/h	Δt_p realizat, grd	Δt_p conform diagramei, grd
20.02.1981	−2,9	52 556	47 720	50 600	46	48
21.02.1981	−3,3	54 047	48 020	50 600	47	49

2. Echilibrarea hidraulică și termică a rețelelor de termoficare

Așa cum a rezultat din experiența de exploatare, funcționarea unui sistem de termoficare neechilibrat conduce la circulația unor debite suplimentare (de circa 7—20%) — în special la consumatorii de lîngă sursă — și la apariția unor regimuri termice mult diferențiate între consumatori, cu zone de supraîncălzire și subîncălzire [3]. O situație de acest gen s-a înregistrat, în perioada la care ne referim, la blocurile de locuințe alimentate cu căldură din PT—9 Pantelimon. Măsurătorile au pus în evidență diferențe de 3—4°C între temperaturile realizate în apartamente din blocuri diferite, alimentate din PT respectiv, precum și între apartamente aparținînd aceluiași bloc.

Neuniformitățile la temperaturile interioare din apartamente s-au datorat unor deficiențe locale în instalațiile interioare de încălzire, stării diferite de izolare termică și de etanșeitate a ușilor și ferestrelor, dar mai ales echilibrării hidraulice necorespunzătoare a circuitelor secundare, de distribuție a căldurii de la PT la blocuri și între coloanele aceluiași bloc.

După rediafragmarea și reechilibrarea circuitelor secundare aferente punctului termic, diferențele de temperatură între apartamente s-au redus simțitor, așa cum rezultă din tabelul 3.

3. Influența închiderii apei calde asupra valorii temperaturii în interiorul locuințelor

Din analiza consumurilor de energie termică aferente încălzirii (Q_i) și preparării apei calde, (Q_{ac}) în municipiul București în iarna 1980—81 a rezultat :

$$\frac{Q_{ac}^h}{Q_i^h + Q_{ac}^h} = 0{,}11 \qquad (10)$$

Tabelul 3

Situația temperaturilor interioare realizate în blocurile alimentate de PT-9 Pantelimon după rediafragmare (16.02.1981)

Nr. crt.	Blocul	$t_{i\ med}$, °C	Abaterea absolută $t_i - t_{med}$, °C	Abaterea relativă $\frac{t_i - t_{med}}{t_i} \times 100$, %
1	5	17,4	−0,4	−2,29
2	30	17,7	−0,1	−0,56
3	5A	18,7	+0,9	+4,81
4	6	17,3	−0,5	−2,89
5	32	17,8	0	0
6	31	17,4	−0,4	−2,29
7	D1	18,0	+0,2	+1,11
8	D2	18,2	+0,4	+2,19
Media	—	17,8	+0,0125	+0,01

Prin închiderea agentului termic primar la intrarea în schimbătorul de căldură treapta a II-a pentru apa caldă, în ipoteza că întreaga cantitate de căldură se transferă schimbătorului de căldură pentru încălzire, se obține:

$$Q_i^* = Q_i + Q_{ac}^{II} = 213,6 + 10,8 = 224,4 \text{ Gcal/zi} \quad (11)$$

Ținînd seamă de relațiile (1) și (2), rezultă:

$$\frac{Q_i}{Q_i^*} = \frac{t_i - t_e}{t_i^* - t_e} \quad \text{deci:} \quad \frac{213,6}{224,4} = \frac{t_i - t_e}{t_i^* - t_e} \quad (12)$$

Pentru $t_e = -15$°C, temperatura modificată în interiorul locuințelor calculată din relația (12) devine:

$$t_i^* = \frac{t_i + 0,8}{0,954} \quad (13)$$

Pentru valori ale temperaturilor $t_i = 18$; 17; 16°C rezultă din relația (13) $t_i^* = 19,7$; 18,7; 17,6°C.

Tabelul 4

Valorile medii ale parametrilor măsurați PT-M Griviția (16–18.01.1981)

Nr. crt.	Regimul	Circuitul primar			Circuitul secundar			t_{ac} °C	t_i °C
		t_t °C	t_r °C	Δt_p grd	t_t °C	t_r °C	Δt_s grd		
1	Cu apa caldă în funcțiune	72,6	34,0	38,6	48,7	41,0	7,2	50,0	16,4
2	Cu oprirea tr. a II-a apă caldă	70,0	36,4	33,6	48,9	39,6	9,3	23,6	18,0
3	Variații (2) − (1)	−2,6	2,4	−5,0	0,2	−1,4	2,1	−26,4	1,6

deci:

$$Q_i^h = 0,89\ (Q_i^h + Q_{ac}^h) \quad (10')$$

Considerînd un PT la care $Q_i^h + Q_{ac}^h = 10$ Gcal/h și la care prepararea apei calde se realizează în schema cu două trepte serie, unde

$$Q_{ac}^I = 0,42\ Q_{ac} \text{ și } Q_{ac}^{II} = 0,58\ Q_{ac},$$

rezultă:

$$Q_i^h = 0,89 \times 10 \text{ Gcal/h} = 8,90 \text{ Gcal/h}$$

și

$$Q_c^{zi} = 8,90 \times 24 = 213,6 \text{ Gcal/zi},$$

$$Q_{ac}^h = 0,11 \times 10 \text{ Gcal/h} = 1,10 \text{ Gcal/h}$$

și

$$Q_{ac}^{zi} = 1,10 \times 17 = 18,7 \text{ Gcal/zi},$$

$$Q_{ac}^I = 0,42 \times 1,1 \text{ Gcal/h} = 0,46 \text{ Gcal/h}$$

și

$$Q_{ac}^I = 0,42 \times 18,7 = 7,9 \text{ Gcal/zi},$$

$$Q_{ac}^{II} = 0,58 \times 1,1 \text{ Gcal/h} = 0,64 \text{ Gcal/h}$$

și

$$Q_{ac}^{II} = 0,58 \times 18,7 = 10,8 \text{ Gcal/zi}$$

Deci creșterile valorilor temperaturilor din locuințe în cazul opririi treptei a II-a de preparare a apei calde sînt: $\delta t = t_i^* - t_i = 1,6 - 1,7$ grd.

Aceste considerații teoretice s-au verificat în practică printr-o serie de măsurători, spre exemplu cele efectuate la PT–M–Griviția, ale căror rezultate sînt arătate în tabelul 4.

Concluzii

1. Este necesar să se perfecționeze metodologia actuală de reglare a livrării apei fierbinți în sistemele de termoficare urbană prin:

— aplicarea reglajului mixt calitativ-cantitativ (temperatură, debit) în surse;

— extinderea celei de-a II-a trepte de reglaj, la PT; punctele termice trebuie dotate cu măsura debitelor de căldură și de agenți termici, iar în bucla de automatizare trebuie introduse impulsuri de la temperatura exterioară și de la temperatura din interiorul apartamentelor-martor;

— studierea modificării instalațiilor interioare din apartamente pentru asigurarea posibilităților de măsurare individuală a consumului de căldură; trecerea la cea de-a III-a treaptă de reglaj cu folosirea după caz a ventilelor termostatate sau a celor cu prereglaj montate pe corpurile de încălzire;

— reconsiderarea proiectării schimbătoarelor de căldură, a unor armături amplasate în PT (ventilul cu trei căi, ventilul de reglare —MAR etc.), precum și a instalațiilor interioare de încălzire, în vederea reducerii neuniformităților între temperaturile din încăperi cu pierderi de căldură diferite;

— introducerea de instalații de acumulare a căldurii în surse sau în PT.

2. La începutul fiecărui sezon de încălzire trebuie realizată diafragmarea atît a rețelelor primare, cît și a celor secundare, pe bază de măsurători și corecții, în funcție de condițiile concrete de funcționare.

3. Modificarea nivelului de temperatură în interiorul spațiilor încălzite constituie numai una dintre numeroasele consecințe ale regimului intermitent de livrare a apei calde. Întrucît se manifestă în prezent tendințe de creștere a duratelor de întrerupere a apei calde, considerăm că atît energeticienii cît și specialiștii care lucrează în domeniul instalațiilor interioare de încălzire trebuie să studieze și să stabilească modificările necesare în metodologia de reglaj, în schemele PT etc., în scopul adaptării sistemelor de termoficare la funcționarea în astfel de regimuri.

Totodată, considerăm că, pentru menținerea temperaturii resimțite (rezultante) din încăperi la nivelul valorilor normate, trebuie să se acționeze în vederea perfecționării soluțiilor de etanșeizare și de izolare termică a clădirilor, care pot conduce la realizarea unor economii de combustibili de circa 30—40% față de situația actuală, însoțite de o serie de efecte favorabile din punct de vedere tehnico-economic la nivelul instalațiilor de producere și transport al căldurii [4].

Bibliografie

[1] Armencoiu, N. ș.a *Concerns regarding a rational household energy utilisation in Romania.* Raport la Conferința Mondială a Energiei, München, 1980.

[2] Niculescu, N., Voinea, M. și Corcodel, C. *Contribuții privind îmbunătățirea reglării livrării căldurii în sisteme de termoficare.* Consfătuirea termoenergeticienilor, Brașov 1974. Raport II. 9.

[3] David, N. și Marinescu, R. *Echilibrarea hidraulică — mijloc de reducere a supraconsumurilor în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.* Idem, Raport II. 7.

[4] Niculescu, N. ș.a. *Contribuții privind determinarea efectului reducerii consumului de căldură urban prin creșterea izolației termice a clădirilor, asupra funcționării sistemelor de termoficare.* Idem, Raport II. 5.

(Articolul a intrat în redacție la 17 iunie 1982)

Tehnologii de curățire a țevilor schimbătoare de căldură de depunerile formate pe partea de apă de răcire în centralele termoelectrice

Chim. Alice-Anca Cocoș*)

1. Considerații generale

În diferite aparate schimbătoare de căldură, inclusiv în condensatoarele turbinelor, apa de răcire — supusă concentrării — generează pe peretele țevilor depuneri aderente, dure, formate cu precădere din carbonați de calciu și de magneziu. Solubilitatea acestor săruri descrește odată cu creșterea temperaturii, ceea ce explică depunerile preferențiale pe suprafețele încălzite.

Aceste depuneri înrăutățesc considerabil schimbul termic global la nivelul schimbătorului de căldură, prin creșterea rezistenței termice la transferul căldurii cu circa 33%. Înrăutățirea vidului cu 1% are drept urmare o mărire a consumului specific de căldură cu circa 1,5%, pentru blocurile de 120 MW, respectiv cu circa 0,65%, pentru blocurile de 200 MW [2]. În momentul afectării serioase a vidului la nivelul schimbătorului de căldură este necesară curățirea suprafeței de schimb termic de depuneri.

Cînd depunerile sînt dure și aderente îndepărtarea lor nu mai este posibilă prin metode mecanice (perii, burghie, dopuri) decît cu riscul deteriorării brutale a peretelui metalic al țevilor. Acesta este motivul pentru care se preferă metodele chimice de curățire celor mecanice; în plus, prin curățirea chimică se formează din nou pe țevi pelicula de oxizi protectoare.

Din literatura de specialitate [1—12] se cunosc următoarele metode chimice de îndepărtare a depunerilor:

— dizolvarea cu acid clorhidric și dozarea corespunzătoare a unui inhibitor eficient;

— dizolvarea cu soluții de săruri ale acidului etilendiaminotetraacetic (complexoni);

— dizolvarea cu soluții obținute din deșeurile provenite de la producția acizilor grași alifatici, cu dozarea unor inhibitori de coroziune;

— barbotarea cu bioxid de carbon pe traseul de spălare, umplut în prealabil cu apă.

În continuare sînt arătate tehnologiile de curățire a suprafețelor de schimb termic din alamă, eficiența lor, inconvenientele, avantajele etc.

2. Curățirea cu acid clorhidric

Soluțiile de acid clorhidric 1—5 % au o largă utilizare la curățirea țevilor condensatoarelor [1—6], explicabilă datorită reacției foarte active a acestuia cu carbonații din depunere, cu formarea de cloruri solubile și acid carbonic, care se elimină în atmosferă. De asemenea, costul acidului clorhidric este relativ scăzut. Ca urmare există în literatura de specialitate multe date privind condițiile optime de temperatură, circulație, aerare, concentrație de inhibitori, pe perioada spălării.

Rezultatele experimentărilor de laborator și industriale proprii, precum și cele citate în literatura de specialitate privind această metodă indică următoarele:

— Folosirea acidului clorhidric este recomandabilă în special în cazul depunerilor aderente, stratificate, cu diametru mare.

— Eficacitatea maximă o au soluțiile de HCl 4—5 %; pentru aceasta rolul dominant îl joacă gradul de îndepărtare a acidului carbonic format. Dacă îndepărtarea gazului carbonic este permisă, spălarea poate fi efectuată la temperaturi joase (25°C); dacă această soluție nu poate fi îndeplinită se lucrează la circa 50—60°C.

— Acțiunea corosivă a soluțiilor de acid clorhidric este influențată în foarte mică măsură de concentrația acidului. Astfel:

— la o concentrație de 0,3—0,5 % viteza de coroziune pentru alama LO-70-1 este de la practic zero la 0,25 g/m²h;

— la mărirea concentrației acidului viteza de coroziune rămîne practic neschimbată în absența ionilor de fier trivalent.

— Mărirea concentrației ionilor de fier trivalent în soluția de spălare la 0,5—2 g/l, în absența inhibitorilor, duce la creșterea vitezei de coroziune a alamei LO-70-1 la 2,0—10 g/m²h.

— Ridicarea temperaturii soluției de la 20 la 80°C determină creșterea vitezei de coroziune a alamei LO-70-1 de cinci ori, atingînd 1,6 g/m²h.

Eficiența inhibitorilor de coroziune în soluțiile de spălare cu acid clorhidric este direct proporțională cu capacitatea lor de legare a ionilor de fier trivalent și a oxigenului și de împiedicare a transformării ionilor de fier bivalent în fier trivalent.

*) Chim. Alice-Anca Cocoș este cercetător științific la ICEMENERG—SChE.

Substanțele cu caracter inhibitor folosite industrial la inhibarea coroziunii țevilor de alamă sînt următoarele: hidrazina, glucoza, formaldehida, furfurolul, hiposfitul de sodiu, tiosulfatul de sodiu și urotropina. Există, de asemenea, o serie de produși ai unor firme industriale din străinătate (compoziția lor chimică fiind secret de fabricație) cu eficacitate mare în protecția alamei, și anume Brindi (R.F.G.), Ibit No 1L Swellin S, Swellin K (Japonia).

Inconvenientele aplicării industriale a acestei metode chimice sînt: în situațiile în care grosimea stratului de depunere nu este uniformă, după un interval de timp de la începerea spălării, depunerea cu grosime mai mică se dizolvă, lăsînd liberă suprafața metalică, în timp ce o altă parte a suprafeței țevii rămîne acoperită de depunere. Continuînd operația de curățire, suprafețele metalice libere de depuneri devin anozi de dizolvare, fără ca restul depunerilor să fie îndepărtate. Se realizează astfel, în primul rînd, o îndepărtare neuniformă a depunerii și un atac corosiv al suprafețelor metalice libere, în situațiile în care inhibitorul are o specificitate redusă sau este consumat ineficient.

3. Curățirea cu soluții ale sărurilor acidului etilendiaminotetraacetic

Soluțiile de acid etilendiaminotetraacetic și cele ale sărurilor sale (EDTA) sînt utilizate la spălările chimice ale schimbătoarelor de căldură, atît la punerea în funcțiune, cît și în timpul exploatării. Utilizarea complexonilor în domeniul curățirilor chimice nu este suficient cercetată și dezbătută în literatura de specialitate [4—6].

Eficiența complexonilor în îndepărtarea depunerilor carbonatice de pe țevi este explicabilă prin formarea unor complecși stabili cu metalele alcalino-pămîntoase, în anumite condiții de temperatură și pH. Se precizează următoarele:

— Concentrația soluției de EDTA se menține la 3,5—4 %, la o valoare a pH-ului de 9—10 și la temperaturi de circa 80°C minimum.

— Cauza principală a coroziunii alamei în soluțiile de EDTA o constituie prezența oxigenului dizolvat.

— În cazul imposibilității asigurării apei degazate este necesar un adaos de 0,1 % de sulfat de hidrazină. Reacția hidrazinei cu oxigenul explică, de asemenea, faptul că, la ridicarea concentrației acesteia peste 1 %, reducerea vitezei de coroziune încetează, oxigenul din soluție fiind în totalitate legat. Viteza de coroziune scade de 1,5 ori în prezența sulfitului de sodiu ca inhibitor, de 2 ori în prezența fluorurii de sodiu și de 3 ori în prezența tioureei.

— Reactivul — acidul etilendiaminotetraacetic — are un cost ridicat (circa 20 lei valută/kg).

Utilizarea lui industrială a impus găsirea unor tehnologii de recuperare a reactivului după spălare. Recuperarea lui se realizează pe următoarea cale: soluția rezultată de la dizolvarea depunerii este adusă mai întîi la pH = 3—4, cu acid clorhidric, avînd loc următoarea reacție:

$$2Na_2CaY + 5HCl \rightarrow$$

$$\rightarrow H_2Na_2Y + H_3NaY + NaCl + 2CaCl_2,$$

Y fiind radicalul EDTA.

Soluția conținînd aceste săruri dizolvate este trecută apoi printr-un filtru Na-cationic, în care este reținut calciul, iar soluția obținută la ieșirea din filtru poate fi utilizată din nou pentru dizolvarea depunerilor.

Avantajul metodei îl reprezintă faptul că viteza de coroziune a alamei în soluții de EDTA 3,8 % la 80°C este cu mult mai mică decît viteza de coroziune a aceleiași alame în acid clorhidric la aceeași temperatură, în absența ionilor de fier trivalent.

Dezavantajele metodei constau în:

— costul ridicat al reactivului;

— aplicabilitate limitată numai la cazul depunerilor carbonatice;

— eficacitate redusă la temperaturi sub 75—80°C (dizolvarea crustelor de carbonat de calciu este aproape inexistentă).

Metoda nu a fost aplicată industrial în cadrul centralelor termoelectrice ale M.E.E.

4. Curățirea cu acizi monocarboxilici micromoleculari

Utilizarea deșeurilor provenite de la sinteza acizilor alifatici [7, 8] a rezultat din necesitatea înlocuirii acizilor organici deficitari și cu cost ridicat (acid citric, acid maleic) utilizați la curățirile chimice ale echipamentelor termoenergetice. Deșeurile amintite sînt denumite industrial „acidul negru" și reprezintă amestecuri de acizi monocarboxilici micromoleculari, cu următoarele proporții aproximative:

— acid formic: 29—30 %;
— acid acetic: 23—25 %;
— acid propionic: 6—8 %;
— acid butiric: 5—7 %;
— acizi macromoleculari: restul pînă la 100 %.

La curățirile chimice ale echipamentelor energetice se folosesc soluții cu concentrații de 0,12—2,5 N, în intervalul de temperatură de 20—100°C.

Capacitatea mare de îndepărtare a depunerilor constă în:

— solubilitatea mare a sărurilor de calciu și magneziu în acid formic și acetic;

— formarea compușilor stabili de fier în acid acetic.

Din aceste considerente, în practică, utilizarea „acidului negru" este la fel de eficientă pentru curățirea suprafețelor interioare ale cazanelor (în special la punerea în funcțiune), ca și pentru îndepărtarea depunerilor din condensatoarele turbinelor și boilerelor, cu o grosime de circa 2—3 mm și o compoziție predominant carbonatică.

Deoarece agresivitatea „acidului negru" față de suprafețele metalice (oțeluri carbon, aliaje de cupru) este pronunțată, s-au efectuat pe plan mondial experimentări în privința selecției inhibitorilor mai eficienți. Astfel:

— Pentru protecția oțelurilor din subansamblele cazanelor împotriva acțiunii corosive a „acidului negru", la 100°C, și în combinație cu trilonul B, la 100—170°C, se recomandă următoarele amestecuri de inhibitori:

— 0,1 % catapină (captax) cu 0,5 % disulfură organică;

— 0,1 % captax cu 0,3 % tiouree.

— Față de coroziunea oțelurilor, coroziunea aliajelor neferoase în soluții de „acid negru" este mică; totuși, pentru diminuarea coroziunii și prevenirea dezincării aliajelor de cupru pentru țevi de condensator (L-62, L-70, MNJ-5-1) în cazul curățării chimice cu soluții de „acid negru" la 60°C este eficientă utilizarea amestecului de inhibitori 0,1% captax cu 0,05 % disulfură organică. În aceste condiții tioureea (soluții 0,1—0,3 %) stimulează coroziunea metalelor neferoase.

În afara agresivității soluțiilor de „acid negru", această tehnologie de curățire chimică mai prezintă un dezavantaj: în cazul în care acidul nu este epurat el dă naștere unei pelicule uleioase pe suprafețele metalice curățate, care nu este admisă din punctul de vedere al exploatării ulterioare a echipamentului. Cercetări de laborator au demonstrat posibilitatea înlăturării acestei pelicule printr-o tratare finală cu soluții de fosfat trisodic 1 %, timp de 2—3 ore, la 100°C. În prezent, pe plan mondial, s-a obținut și „acid negru" epurat de componentele uleioase. Metoda nu a fost aplicată industrial în cadrul centralelor termoelectrice ale M.E.E.

5. Curățirea cu bioxid de carbon

Conform datelor din literatura de specialitate [9—12], metoda de îndepărtare a depunerilor cu CO_2 este aplicabilă la depunerile de natură calcaroasă, friabile, nou formate.

Procedeul se explică prin reacția care are loc între carbonații din depunere și bioxidul de carbon, conducînd la formarea bicarbonaților solubili, conform reacțiilor:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Mg(OH)_2 + 2\,CO_2 \longrightarrow Mg(HCO_3)_2$$

Din experiența utilizării acestei metode de curățire chimică se pot preciza următoarele:

— Avantajele utilizării acidului carbonic sînt reprezentate de costul foarte scăzut al reactivului și de faptul că nu poate da un mediu puternic acid, nici la concentrații foarte mari, datorită gradului mare de disociere. În plus, bioxidul de carbon se găsește în apă numai în proporție de 0,2—0,3 %, ca acid carbonic. Legat de aceasta, *p*H-ul soluției nu scade sub 4,0—4,4, motiv pentru care nu este utilă dozarea de inhibitori de coroziune.

— Metoda, utilizată în special la spălarea diverselor suprafețe de încălzire a energoblocurilor (preîncălzitoare de aer, ventilatoare, canale de gaze de ardere etc., la punerea în funcțiune din starea rece) folosește acidul carbonic obținut prin barbotarea în apă a gazelor de coș lipsite de cenușă și compuși de sulf. Această soluție poate conține pînă la 150 mg/l CO_2, are un *p*H cuprins între 4,5 și 5,7 și se pregătește în degazor.

— Gazul carbonic de la coș, liber de oxizi de sulf, barbotat în apa degazorului este utilizat, de asemenea, la spălarea depunerilor formate pe conductele de la evacuarea hidraulică a zgurei și cenușii [11—12].

— La spălarea depunerilor din condensatoare și din alte schimbătoare de căldură, cu gradient termic ridicat la peretele țevii, concentrația bioxidului de carbon trebuie menținută în intervalul 800—1200 mg/l (lucru dificil de realizat industrial), temperatura soluției fiind sub 20°C, iar viteza de circulație pînă la maximum 1,5 m/s. Timpul optim de menținere a soluției de acid carbonic, de concentrația amintită, în contact cu depunerile, este de 3—4 × 24 h. Se realizează, de fapt, o afînare a depunerilor, care este obligatoriu urmată de spălare mecanică cu apă la presiunea de circa 6 kgf/cm². Metoda nu realizează o îndepărtare totală și nici uniformă a depunerilor; ea prezintă în schimb avantajul unei agresivități reduse a soluției de spălare față de materialele metalice. În plus, tehnologia prevede recircularea îndelungată a soluției de spălare, perioadă în care soluția se consumă (duritatea ajungînd la 18—25 mval/l) și trebuie în mai multe rînduri evacuată, iar circuitul reumplut cu soluție proaspătă, de concentrația necesară.

Unica experiență industrială la noi în țară, de îndepărtare a depunerilor cu această metodă, a fost făcută la CET București-Sud, la spălarea unei porțiuni de condensatoR. Eficiența imediată a curățirii chimice a fost de circa 30 %, datorită mai multor factori:

— imposibilitatea realizării concentrației de CO_2 necesară;

— natura foarte aderentă a crustei;

— temperatura soluției, datorită pompelor folosite la recircularea soluției, a crescut, astfel că CO_2-ul a părăsit soluția. După această operație de înmuiere și desprindere a crustelor a fost necesară spălarea mecanică, care a condus la dizlocarea acestora, totală, pe anumite zone.

Concluzii

Analizînd comparativ tehnologiile chimice de curățire a depunerilor din schimbătoarele de căldură rezultă:

— Din punctul de vedere al eficienței în dizolvarea depunerilor aderente, de compoziții diferite, ordinea descrescătoare este:

— curățirea cu acid clorhidric;

— curățirea cu acizi monocarboxilici micromoleculari;

— spălarea cu complexoni;

— spălarea cu acid carbonic.

— Din punctul de vedere al corozivității soluțiilor de spălare față de alamă, ordinea descrescătoare este următoarea:

— soluția de acid clorhidric;

— soluția de acizi monocarboxilici micromoleculari;

— soluția de complexoni;

— soluția de acid carbonic.

De menționat că prezența în soluțiile respective de spălare a oxigenului și a ionilor de fier trivalent imprimă acestora un caracter corosiv față de alamă.

— Din punctul de vedere al costului, tehnologia de curățire cu acid carbonic este cea mai ieftină, atît datorită lipsei necesității inhibitorilor, cît și folosirii gazelor de coș ca sursă de CO_2.

Cea mai costisitoare dintre tehnologiile enumerate este cea cu complexoni.

— În privința simplității tehnologiei și a ușurinței aplicării industriale, metoda cu acid clorhidric este preferată. De reținut că soluția de spălare cu acizi monocarboxilici micromoleculari, deși mai puțin agresivă față de alama țevilor condensatorului, este de circa 100 de ori mai agresivă față de fier și oțel, deci față de restul circuitului de spălare (pompe, trasee etc.).

Din datele comparative prezentate rezultă că tehnologia optimă de curățire a depunerilor din schimbătoarele de căldură, din punctul de vedere al eficienței, ușurinței de aplicare industrială și costului, este dizolvarea cu acid clorhidric, în condițiile dozării unui inhibitor eficient, stabilindu-se, pentru fiecare caz în parte, posibilitățile industriale optime de aplicare.

În prezent, este în curs de investigare posibilitatea utilizării — la curățirea chimică a echipamentelor energetice — a deșeurilor provenite de la sinteza acizilor grași alifatici, în cadrul unităților M.I.Ch.

Bibliografie

[1] Wang, G.K.M. *Acid cleaning of the surface condenser at Shen Ao nr. 2 Unit.* În: Combustion, oct., 1968.

[2] Kovalik, Z. *Determinarea duratei optime de funcționare între două curățiri succesive ale condensatoarelor turbinelor cu abur.* În: Energhetik, nr. 10, 1980.

[3] Buglaev, V. T. și Tatarinșeva, T. I. *Rezultatele cercetării privind structura depunerilor în țevile aparatelor schimbătoarelor de căldură.* În: Teploenerghetika, nr. 5, 1979.

[4] Foșko, L. S. și Phiskin, C. I. *Cercetarea condițiilor de îndepărtare a depunerilor de carbonați din aparatura de schimb de căldură cu țevi de alamă.* În: Teploenerghetika, nr. 1, 1969.

[5] * * * *Studiu privind combaterea depunerilor pe țevile condensatoarelor la grupurile de la CET Brazi și stabilirea posibilităților de prevenire și îndepărtare a depunerilor.* Studiu IRME, 1969.

[6] Basley, E. *Întreținerea și curățirea condensatoarelor de turbine cu țevi de alamă, răcite cu apă de mare.* VGB, 1980, nr. 2.

[7] Sandrina, N. I. *Preîntîmpinarea coroziunii metalului în timpul curățirii chimice a instalațiilor termoenergetice cu soluții de acid micromolecular.* În: Elektrostanții, nr. 4, 1979.

[8] Bulavina, E. C., Kaganer, T. A., Sankova, T. V. și Sandrina, N. I. *Utilizarea „acidului negru" pentru curățirea chimică a echipamentului termoenergetic.* În: Teploenerghetika, nr. 12, 1970.

[9] Naumenko, N. I. *Curățirea schimbătoarelor de căldură de depunerile calcaroase cu ajutorul bioxidului de carbon.* În: Energhetik, nr. 4, 1977.

[10] Glazirin, A. I. și Ivanov, E. N. *Accelerarea spălării suprafețelor generatoarelor de abur a energoblocurilor la punerea în funcțiune de la rece.* În: Energhetik, nr. 10, 1977.

[11] Cekanov, G. C. și Zorin, V. A. *Curățirea conductelor de evacuare hidraulică a cenușii de depunerile de carbonați cu amestec de apă și gaze de coș.* În: Energhetik, nr. 12, 1978.

[12] * * * Brevet A.c. nr. 300716. *Un nou mijloc de curățire a conductelor de evacuare a zgurei și cenușii.* În: Buletin de invenții și mărci, nr. 13, 1971.

(Articol intrat în redacție la 24 iulie 1982)

Considerații privind parametrii hidroenergetici principali ai CHE cu acumulare prin pompaj echipate cu mașini hidraulice reversibile

Ing. **D. Spiridon***)

Introducere

Agregatul cu două mașini reversibile (binar), după cum se știe, cuprinde o mașină hidraulică reversibilă (pompă-turbină) și o mașină electrică reversibilă (generator-motor) pe același arbore + anexe și este folosit în mod economic în ultimii 25 de ani, mai ales cînd se urmăresc investiții minime și cheltuieli de exploatare reduse [1].

În ultimii ani s-a obținut un remarcabil progres în domeniul proiectării și fabricării pompelor — turbinelor reversibile. În Japonia, asemenea progres a fost foarte mult accelerat, datorită dezvoltării rapide a schemelor de amenajare cu acumulare prin pompaj, în special în direcția puterii unitare mai mari a grupurilor și a înălțimii mai mari de exploatare [2] și [3].

Studiul echipării centralelor cu grupuri binare se face ținînd seama de corelarea debitelor pompare-turbinare Q_P/Q_T. Pentru aceasta, în cazul acumulării cu compensare săptămînală, se determină relația care există între durata de pompare în ziua nelucrătoare — t_p (ore), durata de pompare în golul de noapte care urmează după o zi nelucrătoare — t'_p (ore), durata de turbinare t_T (ore) și raportul dintre debitele maxime de pompare și cele de turbinare $Q_P/Q_T = \alpha$.

1. Stabilirea raportului dintre debitul pompat și cel turbinat

Această relație se determină punînd condiția ca volumul pompat în cursul unei săptămîni să fie egal cu volumul de apă turbinat:

$$(rt_p + t'_p)Q_P + (r' - 1)t'_pQ_P = r't_TQ_T \tag{1}$$

de unde se deduce:

$$t_T = \alpha\left(\frac{r}{r'}\,t_p + t'_p\right) \tag{2}$$

în care:

r este numărul zilelor nelucrătoare dintr-o săptămînă în care are loc pompajul;

r' — numărul de zile lucrătoare dintr-o săptămînă în care are loc turbinarea;

t_p — durata de pompare în ziua nelucrătoare, ore/zi;

t'_p — durata de pompare în golul de noapte care urmează după o zi nelucrătoare și în zilele lucrătore.

t_T — durata de turbinare în ziua lucrătoare;

$$\alpha = \frac{Q_P}{Q_T} \text{ sau } \frac{Q_T}{Q_P} = \frac{1}{\alpha} \tag{3}$$

În cazul în care $\alpha = 0{,}83$, adică $1/\alpha = 1{,}2$ se obține:

a) *Pentru* $r = 0$, cazul acumulării cu regularizare zilnică:

$$t_T = 0{,}83\ t'_p \tag{4}$$

Diferitele valori a lui t_T în funcție de t'_p sînt date în tabelul 1.

Tabelul 1

t'_p, ore	4	5	6	7	7,5	8	9
t_T, ore	3,3	4,2	5,2	5,8	6,2	6,6	7,5

b) *Pentru* $r = 1$ *și* $r' = 6$, cazul compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare:

$$t_T = 0{,}83\ (0{,}17\ t_p + t'_p) \tag{5}$$

Valorile t_T în funcție de t_p și t'_p sînt cuprinse în tabelul 2.

Tabelul 2

t_p, ore \ t'_p, ore	4	5	6	7	7,5	8	9
8	4,5	5,3	6,1	6,9	7,4	7,8	8,6
10	4,7	5,6	6,3	7,2	7,6	8,1	8,9
12	4,9	5,9	6,7	7,5	7,9	8,3	9,2
12,5	5,0	6,0	6,8	7,6	8,0	8,5	9,3
14	5,3	6,1	7,0	7,8	8,2	8,6	9,5

c) *Pentru* $r = 2$ *și* $r' = 5$, cazul compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare:

$$t_T = 0{,}83\ (0{,}4\ t_p + t'_p) \tag{6}$$

Valorile t_T funcție de t_p și t'_p sînt date în tabelul 3.

*) Dumitru Spiridon este inginer proiectant principal la Institutul de studii și proiectări hidroenergetice (I.S.P.H.) București.

Tabelul 3

t_p, ore \ t'_p, ore	4	5	6	7	7,5	8	9
8	6,0	6,8	7,6	8,5	8,9	9,3	10,1
10	6,6	7,5	8,3	9,1	9,6	10,0	10,8
12	7,3	8,1	9,0	9,8	10,2	10,6	11,5
12,5	7,5	8,3	9,1	10,0	10,4	10,8	11,6
14	8,0	8,8	9,6	10,5	10,9	11,3	12,1

În etapa actuală de proiectare a CHEAP în România se analizează centralele pentru diverse valori a lui t_p, t'_p și t_T în funcție de gradul de compensare a acumulării.

În cazul în care $\alpha = 0{,}83$ $(1/\alpha = 1{,}2)$ valorile luate în considerare în studiile de schemă pentru diverse puteri instalate și grade de compensare au avut în vedere datele din tabelul 4.

Tabelul 4

Gradul de compensare	Valorile duratelor, ore		
	t_p	t'_p	t_T
Zilnică	—	6,0	5,0
	—	7,5	6,0
	—	9,0	7,5
Săpămînală (o zi nelucrătoare)	12,5	4,0	5
	12,5	5,0	6
	12,5	7,5	8
Săptămînală (2 zile nelucrătoare)	2×12,5	4,0	7,5
	2×12,5	5,0	8,3
	2×18	—	6,0

În ipoteza în care pentru pompaj se dispune de energie de la sistemul electroenergetic național numai la sfîrșit de săptămînă, în zilele nelucrătoare, și se turbinează numai în zilele lucrătoare, adică $t'_p = 0$, formula (2) devine:

$$t_T = \alpha \frac{r}{r'} t_p \qquad (7)$$

Atunci pentru compensarea săptămînală cu o zi nelucrătoare $(r = 1)$:

$$t_T = 0{,}167\,\alpha t_p, \qquad (8)$$

iar valorile lui t_T (ore) în funcție de α și t_p sînt cele din tabelul 5

Tabelul 5

t_p \ α	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5
10	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8
12	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
14	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,6
16	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	2,9
18	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3

Pentru compensarea săptămînală cu două zile nelucrătoare $(r = 2)$:

$$t_T = 0{,}4\,\alpha t_p \qquad (9)$$

și valorile lui t_T în funcție de α și t_p sînt cuprinse în tabelul 6.

Tabelul 6

t_p \ α	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
8	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5
10	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4
12	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3
14	3,4	3,9	4,5	5,0	5,6	6,2
16	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	7,0
18	4,3	5,0	5,8	6,5	7,2	7,9

2. Analiza statistică a valorii lui α

Din analiza statistică a unor date privind grupurile reversibile pompă-turbine de tip Francis ale unor CHEAP realizate, aflate în construcție sau în faza de proiectare, cu $P_{iT} > 100$ MW și $H > 100$ m cuprinse în [1], [2], [3] și [4], ale căror date principale sînt prezentate în tabelul 7, s-a determinat raportul $Q_P/Q_T = \alpha$ pentru 60 CHEAP. În figurile 1 și 2 sînt prezentate aceste valori în funcție de H și de $\sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}}$.

În figura 3 sînt reprezentate grafic valorile raportului $1/\alpha$ în funcție de n_s al pompei.

Din examinarea figurii 1, se vede că, în funcție de cădere, α variază între 0,6 și 1,0 iar punctele sînt distribuite aproape uniform în acest spațiu. Același lucru se observă și în figura 3, unde valorile lui α apar tot în distribuție uniformă pentru $n_s = 80-350$ și $\alpha = 0{,}65-1{,}00$.

DATE PRINCIPALE PRIVIND GRUPURILE REVERSIBILE POMPA - TURBINA DE TIP FRANCIS ALE CHEAP REALIZATE, IN CONSTRUCȚIE SAU PROIECTARE CU PUTERI UNITARE (P_T) MAI MARI DE 100 MW ȘI CADERE MAXIMA DE TURBINARE (H_{Tmax}) MAI MARE DE 100 m.

Tabelul 7

Nr. crt.	DENUMIREA CHEAP	TARA	NR. GR.	H_{Tmax} (m)	P_{Tmax} (MW)	H_{Pmax} (m)	Q_{Pmax} (m^3/s)	n (ture/min)	D_i (m)	ANUL PUNERII IN FUNCT.
1.	TAUM SAUK	SUA	2	255	235	270	75	200	6,5	1963
2.	JARDS CREEK	SUA	3	200	111	229	62	240	4,7	1965
3.	IKEHARA II	JAPONIA	2	130	110	132	100	150	5,9	1966
4.	CRUACHAN	ANGLIA	2	365	106	368	32	500	3,2	1966
5.	CRUACHAN	ANGLIA	2	365	106	368	29	600	2,8	1967
6.	CABIN CREEK	SUA	2	363	166	395	39	360	4,2	1967
7.	MUDDY RUN	SUA	8	108	113	130	96	180	5,4	1967
8.	OROVILLE	SUA	3	188	118	181	53	190	5,8	1968
9.	NAGANO	JAPONIA	2	108	113	111	136	150	"	1968
10.	SENECA	SUA	2	197	162	214	91	225	"	1969
11.	AZUMI	JAPONIA	4	135	109	138	90	188	5,1	1970
12.	KISENYAMA	JAPONIA	2	220	240	230	110	225	5,7	1970
13.	VILLARINO I	SPANIA	4	387	139	410	29	600	2,8	1970
14.	NORTHFIELD	SUA	4	251	274	254	102	257	"	1970
15.	COO-TROIS-POINTS I	BELGIA	3	270	145	278	55	300	4,5	1972
16.	VIANDEN X	LUXEMBURG	1	286	196	295	74	333	4,4	1972
17.	SCHINTOYONE	JAPONIA	5	236	230	245	123	257	5,2	1972
18.	CARTERS DAM	SUA	2	105	129	110	126	150	6,3	1972
19.	LUDINGTON	SUA	6	108	343	114	314	113	8,4	1972
20.	CASTAIC	SUA	6	328	261	351	91	257	5,9	1972
21.	BLENHEIM-GILBOA	SUA	4	338	300	357	81	257	6,0	1972
22.	NUMA PPARA	JAPONIA	3	500	230	528	50	375	5,0	1973
23.	FOYERS	ANGLIA	2	173	152	183	83	273	4,4	1975
24.	BEAR SWAMP	SUA	2	229	320	241	125	225	"	1975
25.	BRASIMONE		2	378	230	385	"	375	4,3	1975
26.	RACCOON MOUNTAIN	SUA	4	317	400	323	137	300	4,9	1975
27.	REVIN	FRANTA	4	240	200	250	70	300	4,3	1975
28.	OHIRA	JAPONIA	4	512	256	545	45	400	4,8	1975
29.	OKUTATARAGI	JAPONIA	4	406	310	424	77	300	5,6	1975
30.	NABARA	JAPONIA	2	318	318	339	108	257	6,0	1975
31.	RODUND II	AUSTRIA	1	348	271	357	72	375	4,4	1975
32.	KINSUP	SUA	2	250	200	260	"	255	"	1975
33.	MOUNT ELBERT	SUA	2	145	103	148	92	180	5,6	1976
34.	OKUKIYOTSU	JAPONIA	4	490	260	512	53	375	"	1977
35.	JUKATAN	SUEDIA	1	260	334	267	95	300	"	1978
36.	OKUYOSHINO	JAPONIA	6	526	207	539	40	514	3,8	1978
37.	CAPLJINA	JUGOSLAVIA	2	237	271	260	97	300	"	1978
38.	PORABKA-ZAR	POLONIA	4	430	140	453	29	600	2,9	1979
39.	BAJINA BASTA	JUGOSLAVIA	2	600	315	621	51	429	4,8	in constr.
40.	ZARNOWIEC	POLONIA	4	119	182	128	152	167	6,0	—"—
41.	KADAMPARAI	INDIA	2	341	102	413	26	500	"	—"—
42.	MARKERSBACH	R.D. GERMANA	6	301	200	310	64	375	4,0	—"—
43.	CAMLOUGH	IRLANDA NORD	2	190	117	200	72	300	"	—"—
44.	CORNWALL	SUA	8	320	257	354	72	257	5,8	—"—
45.	DINORWIC	ANGLIA	6	536	317	545	55	500	3,8	—"—
46.	HELMS	SUA	3	513	358	530	"	360	"	—"—
47.	BATH COUNTY	SUA	6	384	457	387	116	257	6,4	—"—
48.	VILLARINO II	SPANIA	2	392	147	418	312	600	"	—"—
49.	COO TROIS PONTS II	BELGIA	3	275	246	278	71	273	5,3	—"—
50.	SHIN TAKASEGAWA	JAPONIA	4	242	336	264	128	214	6,4	—"—
51.	DRAKENSBERG		4	452	300	474	52	375	"	—"—
52.	CHONPYONG	COREEA DE SUD	2	473	206	499	34	450	4,2	—"—
53.	RIOGRANDE I	ARGENTINA	4	178	204	193	91	250	4,9	—"—
54.	KALAYAAN	FILIPINE	2	282	154	291	47	300	"	—"—
55.	BADCREEK	SUA	4	369	340	380	51	300	5,3	—"—
56.	HONGAWA	JAPONIA	2	557	307	576	54	400	4,9	—"—
57.	TAMAKARA	JAPONIA	2	524	309	559	53	428	5,3	—"—
58.	MLOTY	POLONIA	3	274	262	288	100	300	4,8	—"—
59.	NIEWISTKA	POLONIA	4	171	288	178	168	177	6,6	proiect
60.	SOBELI	POLONIA	8	404	492	448	115	333	5,2	—"—

Rezultă că nu există o corelaţie strînsă între α şi ceilalţi parametri hidroenergetici $H, \sqrt{\frac{Q_T}{\sqrt{H}}}$ şi n_s.

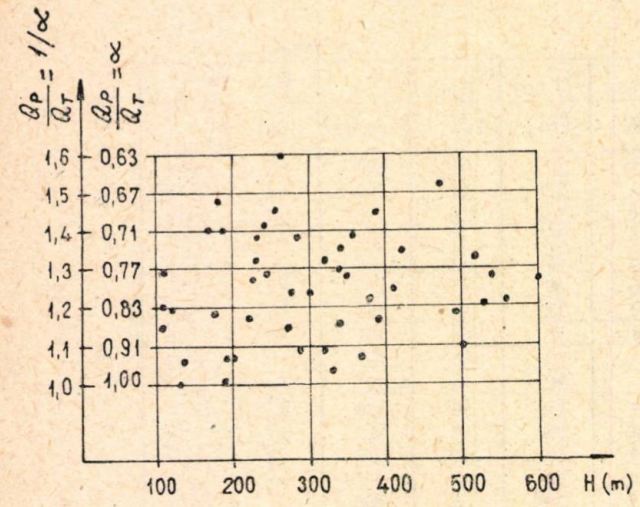


Fig. 1. Distribuţia valorilor α în funcţie de H (m).

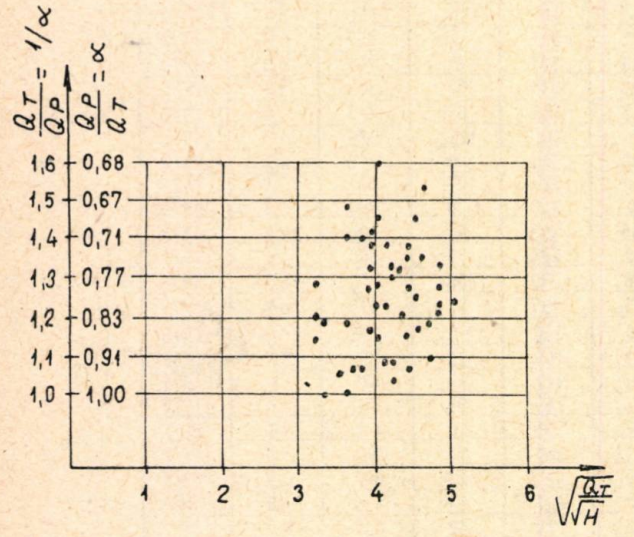


Fig. 2. Distribuţia valorilor α în funcţie de $\sqrt{\frac{Q_T}{\sqrt{H}}}$.

Valorile lui α sînt dictate în principal de cerinţele de încadrare a CHEAP pe curbele de sarcină ale sistemului electroenergetic naţional.

În ceea ce priveşte condiţiile de încadrare în curbele de sarcină ale sistemului electroenergetic naţional la nivelul lui 1990, s-ar putea lua în considerare instalarea unei CHEAP cu $P_i = 500-1000$ MW, durata de utilizare anuală a puterii de pompare fiind de 1600 ore/an, în cazul unei singure zile nelucrătoare pe săptămînă, şi de circa 2400 ore/an, în cazul a două zile nelucrătoare. Durata de utilizare a puterii pentru generare în cele două cazuri ar fi de 1100 ore/an, respectiv de 1700 ore/an. În acest caz la CHEAP echipată cu grupuri reversibile raportul mediu α_m ar fi de ordinul 0,7, adică $Q_T/Q_P = 1,4$.

În studiile preliminare privind schemele de amenajare ale unor CHEAP care au fost întocmite pînă în prezent s-a luat în considerare $Q_T/Q_P = 1,2-1,3$ ($\alpha = 0,83$ şi $0,77$).

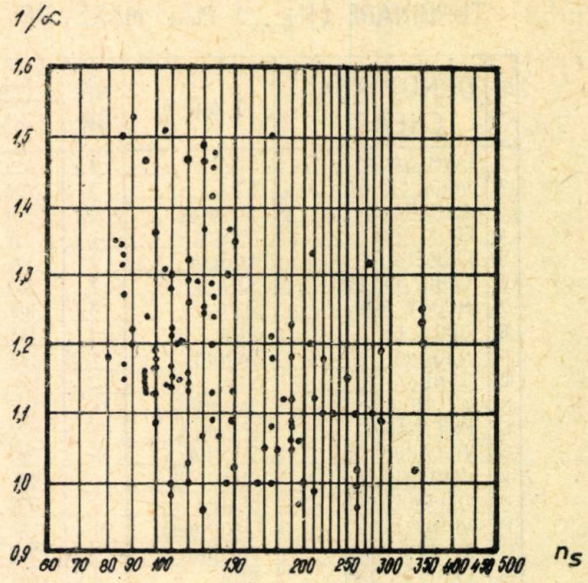


Fig. 3. Distribuţia valorilor α în funcţie de n_s al pompei.

3. Relaţiile dintre raportul α şi ceilalţi parametri hidroenergetici principali ai CHEAP

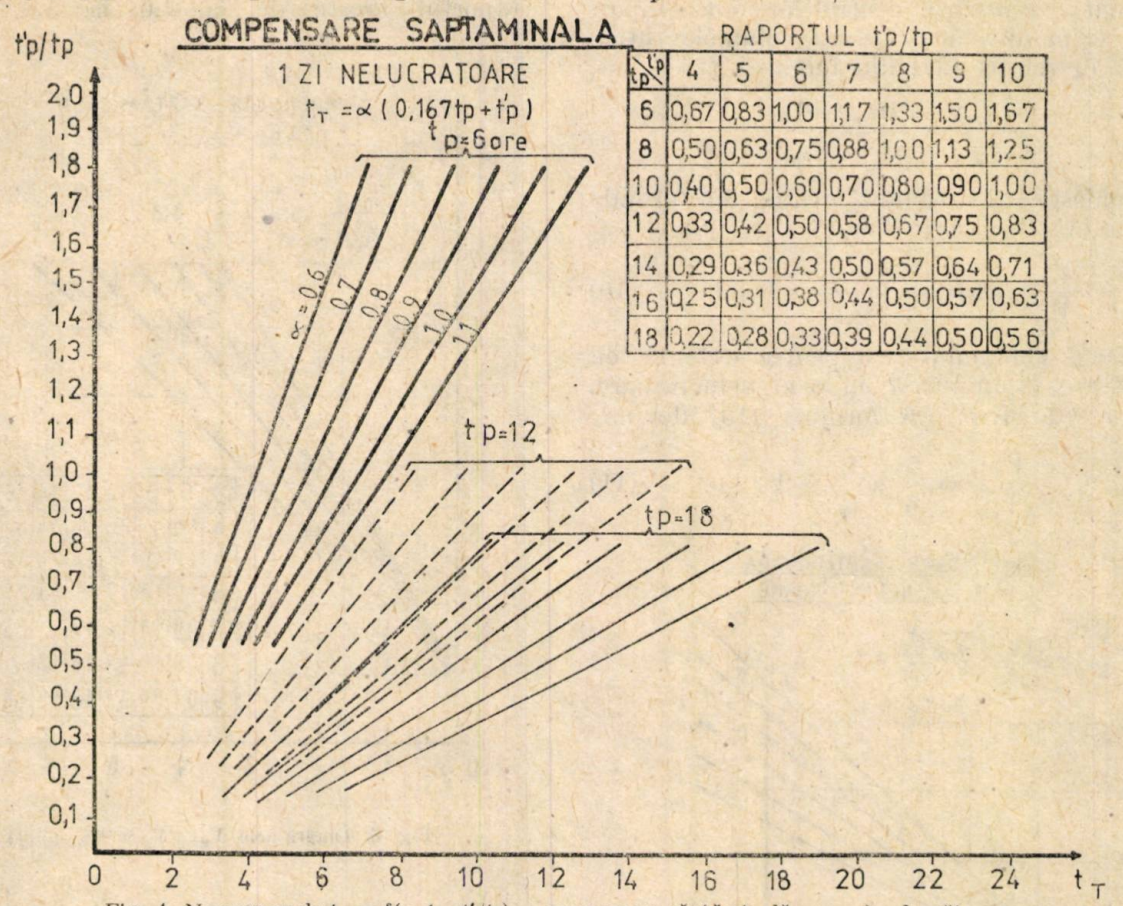
În cazul regularizării zilnice valorile α sau $\frac{t_T}{t'_p}$ sînt legate de cerinţele sistemului electroenergetic. La valori $t_T = 4$, 5, 6 şi 7 ore/zi pentru $\alpha = 0,8$ se vor lua $t'_p = 5$, 6, 8 şi 9 ore/zi sau $t'_p = 7$, 8, 10 şi 12 ore/zi pentru $\alpha = 0,6$.

Cu ajutorul diagramelor din figura 1 [2], pentru diferite valori ale lui t_T se vor putea deduce volumele cu compensare zilnică corespunzătoare.

Pentru compensarea săptămînală, conform relaţiei (2) s-au întocmit nomograme pentru $\alpha = 0,6$, 0,8 şi 1,0, în funcţie de t'_p/t_p şi t_T. Pentru t_p s-au luat valori cuprinse între 6 şi 18 ore/zi, iar $t'_p = 4-10$ ore/zi.

În figura 4, se prezintă nomogramele relaţiei (2), pentru cazul cu o zi lucrătoare pe săptămînă, în funcţie de t'_p/t_p, α şi $t_p = 6$, 12 şi 18 ore/zi. Pentru $t'_p/t_p = 0,5$, $t_p = 12$ ore şi $\alpha = 0,8$ valoarea lui $t_T = 6,4$ ore/zi. Se observă cu uşurinţă că domeniul de variabilitate al lui t_T, în funcţie de α, se măreşte pe măsură ce cresc valorile raportului t'_p/t_p. La aceeaşi valoare a lui t_T, raportul t'_p/t_p creşte odată cu micşorarea valorii lui α. Astfel, pentru $t_p = 12$ ore, la aceeaşi valoare a lui t_T de 6 ore/zi, raportul t'_p/t_p creşte de la 0,32 la 0,66, pentru descreşterea valorii lui α de la 1,0 la 0,6. Ecartul de creştere a lui t'_p/t_p este cu atît mai mare cu cît scade valoarea lui t_p.

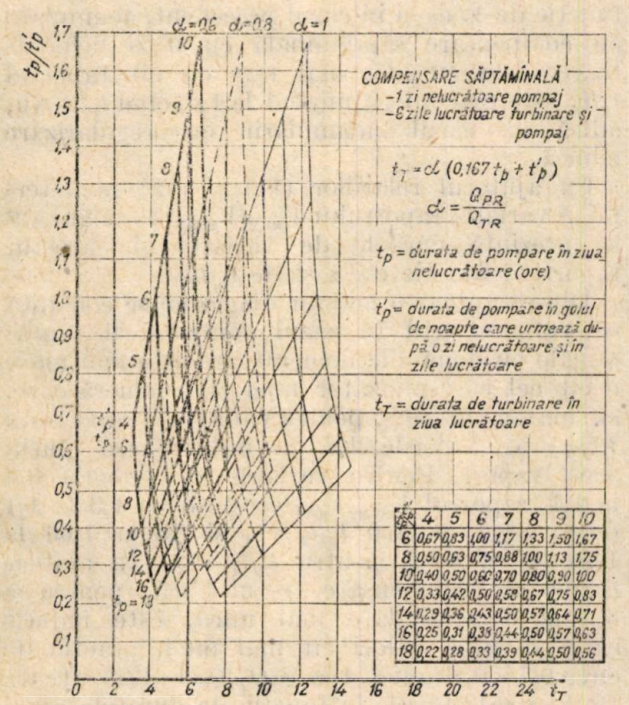
În figurile 5 și 6 se prezintă nomogramele ecuației (2) pentru $\alpha = 0{,}6$, $0{,}8$ și $1{,}0$ în funcție de t'_p/t_p și t_T pentru compensarea săptămînală pentru o zi sau două zile nelucrătoare. Pentru t_p s-au luat valori cuprinse între 6 și 18 ore/zi, iar $t'_p = 4-10$ ore/zi.



RAPORTUL t'p/tp

t'p / tp	4	5	6	7	8	9	10
6	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67
8	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25
10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
12	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83
14	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71
16	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50	0,57	0,63
18	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56

Fig. 4. Nomogramele $t_T = f(\alpha, t_p, t'_p/t_p)$ — compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare.



t'p / tp	4	5	6	7	8	9	10
6	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67
8	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,75
10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
12	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83
14	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71
16	0,25	0,31	0,35	0,44	0,50	0,57	0,63
18	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56

Fig. 5. Nomogramele $t_T = f(\alpha, t_p, t'_p, t'_p/t_p)$. Compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare.

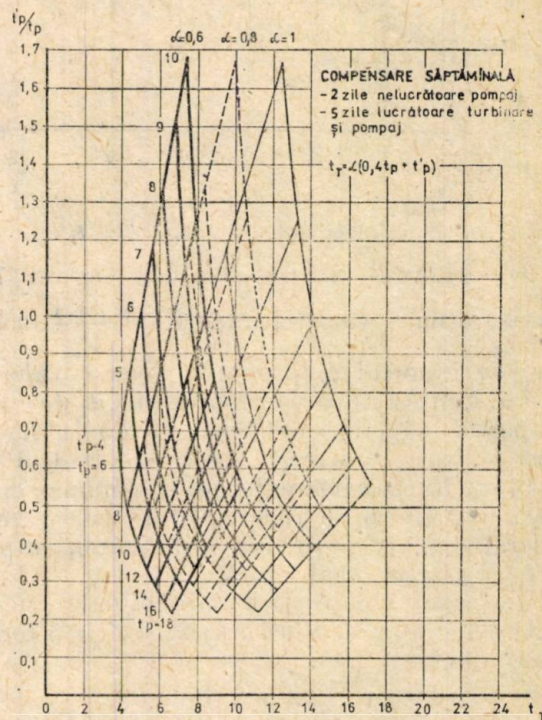


Fig. 6. Nomogramele $t_T = f(\alpha, t_p, t'_p, t'_p/t_p)$. Compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare.

Duratele pompajului și ale turbinării sînt legate de alura curbelor de sarcină, care poate justifica sau nu instalarea de CHEAP.

Influența echipării centralelor cu grupuri binare se manifestă și asupra volumelor utile.

Dacă în relația (22) din lucrarea [2]:

$$\frac{V_{us.r}}{V_{uz}} = \frac{r'(rt_p + t'_p)}{rt_p + r't'_p}$$

se înlocuiește valoarea lui t'_p dedusă din formula (2) rezultă:

$$\frac{V_{us.r}}{V_{uz}} = \alpha(r' - 1)\,\frac{r}{r'}\cdot\frac{t_p}{t_T} + 1 \qquad (10)$$

În cazul volumului util pentru CHEAP cu compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare, adică $r = 1$ și $r' = 6$ formula (10) devine:

$$\frac{V_{us.1}}{V_{uz}} = \frac{5}{6}\,\alpha\,\frac{t_p}{t_T} + 1 \qquad (11)$$

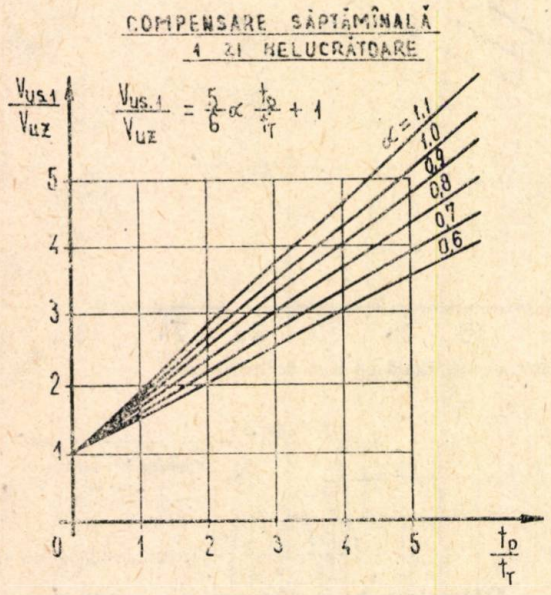


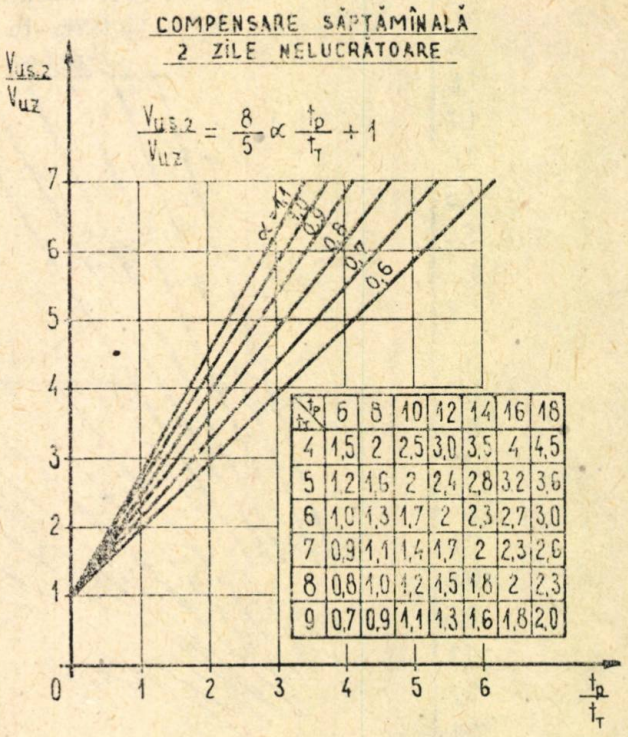
Fig. 7. Diagramele $V_{us.1}/V_{uz} = f(\alpha, t_p/t_T)$.

Cu ajutorul diagramelor din figura 7, se poate urmări variația raportului $\frac{V_{us.1}}{V_{uz}}$ în funcție de raportul t_p/t_T pentru diverse valori ale lui α. Pentru valoarea raportului t_p/t_T de circa 3, raportul $V_{us.1}/V_{uz}$ crește de la 2,5 la 3,5 pentru α, care se mărește de la 0,6 la 1. Pentru ipoteza în care pompajul se face numai în ziua nelucrătoare și se turbinează în cele șase zile lucrătoare ($r' = 6$) ale săptămînii, raportul $V_{us.1}/V_{uz}$ este egal cu $5\alpha + 1$.

În cazul compensării săptămînale cu două zile nelucrătoare, adică $r = 2$, și $r' = 5$ formula (10) devine:

$$\frac{V_{us.2}}{V_{uz}} = \frac{8}{5}\,\alpha\,\frac{t_p}{t_T} + 1 \qquad (12)$$

Cu ajutorul diagramelor din figura 8, se poate urmări variația raportului în funcție de t_p/t_T. În acest caz pentru valoarea $t_p/t_T = 3$, raportul crește de la 4,0 la 5,8 pentru



α \ tp/tT	6	8	10	12	14	16	18
4	1,5	2	2,5	3,0	3,5	4	4,5
5	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6
6	1,0	1,3	1,7	2	2,3	2,7	3,0
7	0,9	1,1	1,4	1,7	2	2,3	2,6
8	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2	2,3
9	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0

Fig. 8. Diagramele $V_{us.2}/V_{uz} = f(\alpha, t_p/t_T)$.

$\alpha = 0{,}6-1{,}0$. Se observă că variația $\frac{V_{us.2}}{V_{uz}}$ în funcție de α, ca și în cazul precedent, acumulare cu compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare, este cu atît mai mic cu cît raportul t_p/t_T este mai mic, ajungînd la 1,0, cînd $t_p/t_T = 0$, adică în cazul acumulării cu regularizare zilnică.

Cu ajutorul relațiilor (11) și (12) se determină variația raportului $V_{us.2}/V_{us.1}$. În figura 9 se prezintă curbele de variație ale acestui raport în funcție de α și de t_p/t_T.

Din examinarea acestor diagrame se constată că volumul util în cazul compensării săptămînale cu două zile nelucrătoare este mai mare decît cel corespunzător unei zile nelucrătoare, cu maximum 80% pentru valori ale raportului $t/t_{Tp} = 5$. Valorile lui α influențează puțin acest raport. Pentru variația lui α de la 0,6 la 1,1, raportul $V_{us.2}/V_{us.1}$ crește de la 1,3 la 1,4 (circa 8%), pentru $t_p/t_T = 1$, și de la 1,66 la 1,76 (circa 6%), pentru $t_p/t_T = 5$. În ambele cazuri de compensare, rezultă că, pentru a obține o acumulare mai mică, este indicat ca α să aibă valori cît mai mici, practic de circa 0,7—0,8 (adică $1/\alpha = Q_T/Q_P = 1{,}25-1{,}40$). De aici rezultă că, în funcție de duratele pompajului și ale turbinării, care sînt legate de

alura curbelor de sarcină, se va putea corela debitul turbinat față de cel pompat pe considerații tehnico-economice. Pentru aceasta,

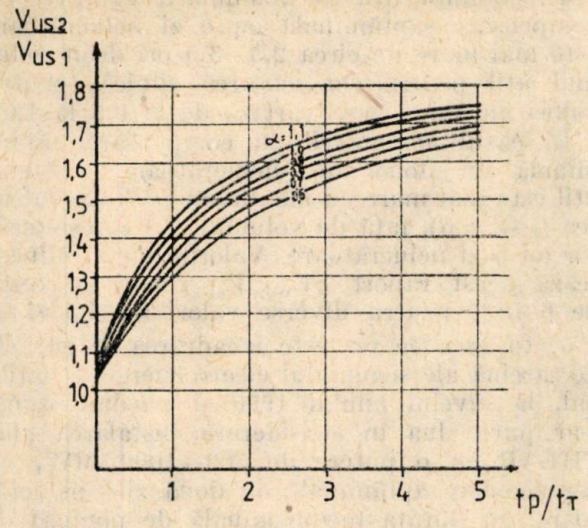


Fig. 9. Diagramele $V_{us.2}/V_{us.1} = f(\alpha, t_p/t_T)$.

în vederea stabilirii raportului Q_P/Q_T (α) se va ține seama de influența mărimii lacurilor de acumulare, de derivație, de echipamentul electromecanic, de diapazonul de variație a căderilor de turbinare și pompare etc.

În ipoteza în care pompajul se face numai în cele două zile nelucrătoare ($r = 2$), iar turbinarea în cele cinci zile lucrătoare ale săptămînii, raportul $V_{us.2}/V_{uz}$ este egal cu $4\alpha + 1$.

4. Considerații privind numărul de grupuri ale CHEAP

În cele ce urmează se va examina numărul de grupuri în CHEAP echipate cu grupuri Francis reversibile, prin analiza statistică a datelor hidroenergetice ale celor 60 de CHEAP (tabelul 7) cu $P > 100$ MW și $H > 100$ m [5] și [6].

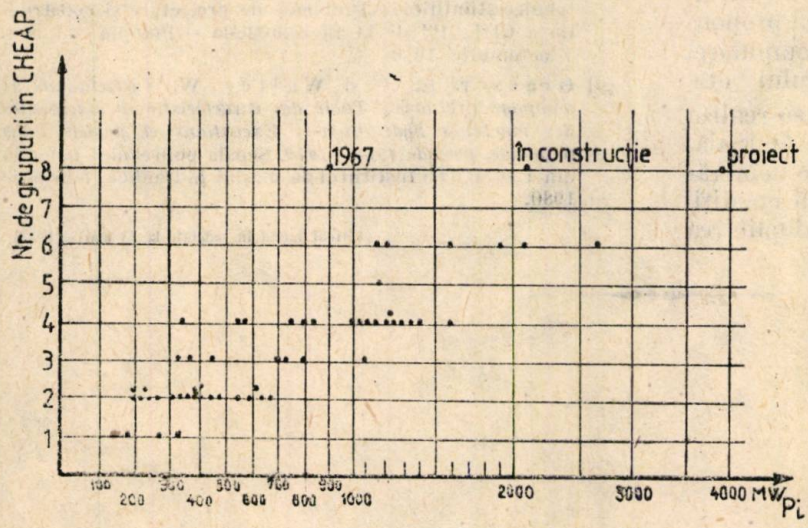


Fig. 13. Distribuția numărului de grupuri unitare în funcție de P_{iCHEAP}.

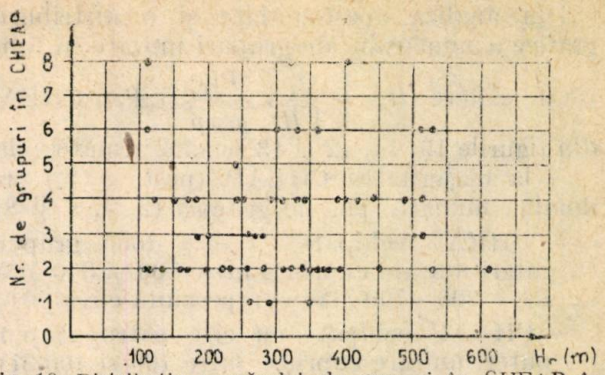


Fig. 10. Distribuția numărului de grupuri în CHEAP în funcție de cădere (H).

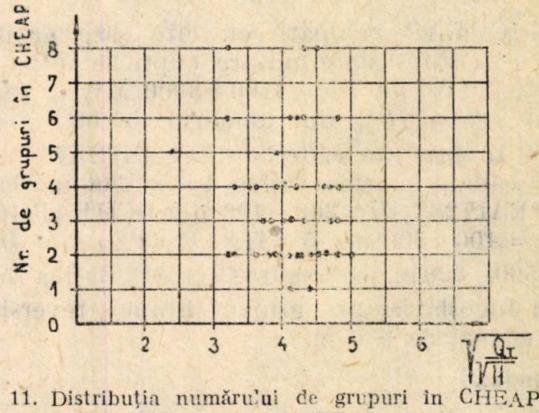


Fig. 11. Distribuția numărului de grupuri în CHEAP în funcție de $\sqrt{\frac{Q_T}{H}}$.

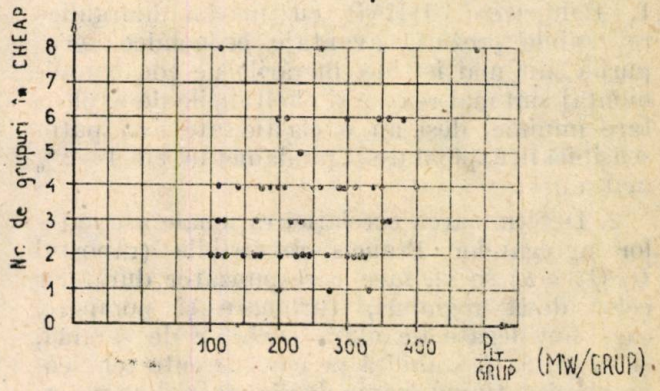


Fig. 12. Distribuția numărului de grupuri în CHEAP în funcție de puterea instalată a grupului.

Din analiza acestor date și a distribuției grafice a numărului de grupuri unitare în funcție de cădere (H), $\sqrt{\frac{Q_T}{\sqrt{H}}}$, $\frac{Pi_T}{grup}$ și P_i a CHEAP din figurile 10, 11, 12 și 13 rezultă următoarele:

— la majoritatea CHEAP (peste 80 %) predomină numărul par de grupuri (2, 4, 6 și 8);

— CHEAP echipate cu cîte două grupuri, cu puteri unitare cuprinse între 100 și 350 MW, au $P_i = 200-700$ MW și reprezintă circa 40 %;

— CHEAP echipate cu cîte patru grupuri, cu puteri unitare cuprinse între 100 și 400 MW au $P_i = 400-1600$ MW și reprezintă circa 26 %;

— CHEAP echipate cu cîte șase grupuri, cu puteri instalate unitare cuprinse între 200 și 400 MW, au $P_i = 1100-3000$ MW și reprezintă circa 10 % din numărul de 60;

— În privința căderilor: 31 CHEAP (52 %) au căderi cuprinse între 100 și 300 m, la 28 CHEAP(28%)$H=300-400$ m,la 6 CHEAP(10%) $H = 400-500$ m, 5 CHEAP (8%) au $H = 500-600$ m și o singură CHEAP, Bajina Basta din Iugoslavia, are grupuri Francis reversibile cu cădere de 630 m.

Concluzii

Din cele analizate în acest articol se desprind următoarele:

1. Echiparea CHEAP cu mașini hidraulice reversibile prezintă avantaje economice: grupurile sînt mai ieftine, lucrările de construcții-montaj sînt mai reduse și cheltuielile de exploatare minime, deși au o elasticitate mai puțin sensibilă în exploatare și randamente cu 1—2 % mai mici;

2. Determinarea corelației raționale a debitelor agregatelor Francis reversibile (raportul $Q_P/Q_T = \alpha$) se va face corespunzător duratelor celor două regimuri, turbinare și pompare, care sînt legate de alura curbelor de sarcină, și va putea fi stabilită pe considerente tehnico-economice, ținînd seama de diapazonul de variație a căderilor, de debitul pentru regimul preponderent, de mărimea lacurilor de acumulare, derivații, turația și diametrul rotorului etc.

3. Primele CHEAP care urmează a se realiza în țara noastră vor fi cu acumulare săptămînală, deoarece se întrevede existența în zilele nelucrătoare a energiei pentru pompaj și oferă condiții cu mult mai favorabile pentru îndeplinirea și a celorlalte funcții ale centralei: intervenție de avarii în sistemul electroenergetic, reglajul automat frecvență-putere etc.

4. Volumul util al acumulării CHEAP cu compensare săptămînală cu o zi nelucrătoare este mai mare de circa 2,5—3,5 ori decît volumul util pentru compensarea zilnică (pentru valori ale lui α care variază de la 0,6 la 1,0).

În cazul acumulării cu compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare, volumul util este mai mare cu maximum 80 % (la valoarea $t_P/t_T = 5$), față de volumul util corespunzător cu o zi nelucrătoare. Valorile lui α influențează acest raport ($V_{us.2}/V_{us.1}$) într-un ecart de 6—8 % pentru diverse valori ale lui t_P/t_T.

5. În ceea ce privește încadrarea în curbele de sarcină ale sistemului electroenergetic național, la nivelul anului 1990 și imediat după, s-ar putea lua în considerare instalarea unei CHEAP cu o putere de 500—1000 MW, cu compensare săptămînală cu două zile nelucrătoare, cu durata medie anuală de pompaj de circa 2400 ore/an și cea de furnizare a energiei de circa 1700 ore/an. În acest caz α mediu ar fi de circa 0,7, adică $Q_T/Q_P = 1,40$.

6. Statistic se constată că majoritatea centralelor, peste 80 %, sînt echipate cu un număr par de grupuri unitare.

Bibliografie

[1] Pavel, D. *Centrale și agregate cu acumulare prin pompare.* Comunicare la Prima conferință națională a energeticienilor, 17—18 octombrie 1974 — București.

[2] Spiridon, D. *Determinarea preliminară a principalilor parametri hidroenergetici ai centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.* În: Energetica, 30 nr. 9 1982.

[3] * * * *Toshiba pump storage power plant.* Ediție specială pentru simpozionul de la Tîrgul de la Leipzig, martie 1976.

[4] De Siervo, F. și Lungaresi, A. *Modern trends in selecting and designing reversible Francis pump-turbines.* În: Water Power and Dam Construction, mai 1980.

[5] Sobolewski, T. *Wyposazenie mechaniczne newoczesnych elektrowni pompowich (Utilarea cu cele mai noi tipuri de pompe a centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj).* Comunicare prezentată la Conferința tehnico-științifică: „Probleme de proiectare și construcție a CHEAP" de la Bielsko-Biala — Polonia din 4—5 octombrie 1979.

[6] Graeser, E. J. și Walter, W. *Installations de pompage-turbinage: Table des caractéristiques essentielles des machines hydrauliques. Executions et projets dans le monde, periode 1965—1979.* Școala politehnică federală din Lausanne, Institutul de mașini hidraulice, februarie 1980.

(Articol intrat în redacție la 23 martie 1982)

Blindaj pentru rotorul morii-ventilator

Cerere de brevet : nr. 97387
Brevet R. S. România : nr. 78254
Autori : Ing. Ionescu Ionel, ing. Văideanu Constantin și ing. Constantin Marcel
Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG)

Invenția se referă la un blindaj pentru rotorul morii-ventilator așezat pe paleta-suport, care macină combustibili solizi în stare pulverizată.

Este cunoscut faptul că sistemul de măcinare cu moară-ventilator are ca componentă principală moara-ventilator, care permite intrarea axială a fluxului de fluid cald plus cărbune sortat, sfărîmat la o anumită granulație, direct în rotorul morii, și anume atacînd longitudinal muchiile interioare ale blindajelor, perpendicular pe sensul de rotație al rotorului.

Procesul de măcinare se realizează prin lovire, frecare și erodare agresivă a muchiei blindajului, apoi prin lovire, frecare și erodare a suprafeței de atac a blindajului, care este montat perpendicular atît pe sensul de rotație, cît și pe planul axial-transversal sensului de rotație, blindajul fiind așezat, sprijinit pe paleta-suport și încastrat între cele două discuri directoare exterioare, de rezistență, ale rotorului. Datorită acestor deficiențe constructive și funcționale măcinarea combustibilului solid se face cu dificultăți, aceasta se realizează numai parțial prin lovire și numai atunci cînd blindajul este nou, scopul urmărit de măcinare fiind realizat numai în parte.

Dezavantajul principal este generat de faptul că măcinarea nu se face prin atacul suprafeței principale a blindajului, că aceasta nu este folosită cu lovituri repetate de impact, realizînd măcinarea doar cu circa 50% din mărimea totală, restul suprafeței rămînînd mascată de procesul în sine, realizîndu-se în același timp un proces de frecare cu erodare violentă atît pe suprafață, cît și în masă, utilizarea nefiind decît parțială și incompletă.

Un alt dezavantaj este acela provocat de erodarea prin frecare a muchiei inferioare a blindajului, care se micșorează în mod progresiv, micșorînd și suprafața efectivă de măcinare a suprafeței de atac, prin acțiunea fluxului în diagonală a acesteia și care după un timp se micșorează sub 50% din valoarea inițială, permițînd erodarea maximă pe linia de demarcație a blindajului, îndeosebi în capătul încastrat în discul director dinspre axul rotorului, ducînd la ruperea acestuia destul de ușor și producînd, de regulă, avaria întregii mori.

Alt dezavantaj îl constituie faptul că procesul de măcinare prin lovire în (și din) blindajul rotor în stator prin impact și aruncare repetată nu se poate realiza complet și corect, măcinarea efectuîndu-se printr-un proces limitat de izbire și îndeosebi prin proces de frecare cu erodare pe suprafața blindajului și pe muchia exterioară a blindajului.

Dezavantajele rezultate prin concepție, construcție și funcționare au o influență defavorabilă asupra fineții de măcinare, asupra debitului de praf, a consumurilor specifice de energie electrică și de metal.

Invenția înlătură aceste dezavantaje, prin aceea că, în scopul realizării cît mai complete și mai eficiente a măcinării, blindajul se realizează cu două-trei suprafețe distincte, cu unghiuri de mărimi diferite între ele.

Potrivit invenției, suprafața principală de atac se realizează de regulă într-un unghi față de planul sensului de intrare al fluxului radial și în alt unghi față de planul radial al discului rotor, în scopul obținerii unei măcinări active, prin loviri repetate ale particulelor de combustibil solid de (și între) rotor și stator și eliminarea frecării și erodării de către fluxul respectiv, îndeosebi în poziția încastrată la discul interior.

Potrivit invenției, muchia blindajului este realizată de regulă sub formă de suprafață de atac secundară, pentru rupere de flux, permițînd măcinarea prin impact și o limitare a măcinării prin frecare, obținînd astfel un maxim de suprafață totală inițială pe toată durata de lucru, iar muchia se realizează păstrînd sau nu simetria suprafețelor.

Blindajul se poate construi din piese longitudinale, montate pe lungimea paletei-suport, dar de regulă se construiește din două, trei sau patru piese montate transversal pe paletele-suport.

Se dă mai jos un exemplu de realizare (fig. 1):

— blindaj pentru rotorul morii-ventilator arătat în secțiune, compus din două corpuri realizate în același mod din

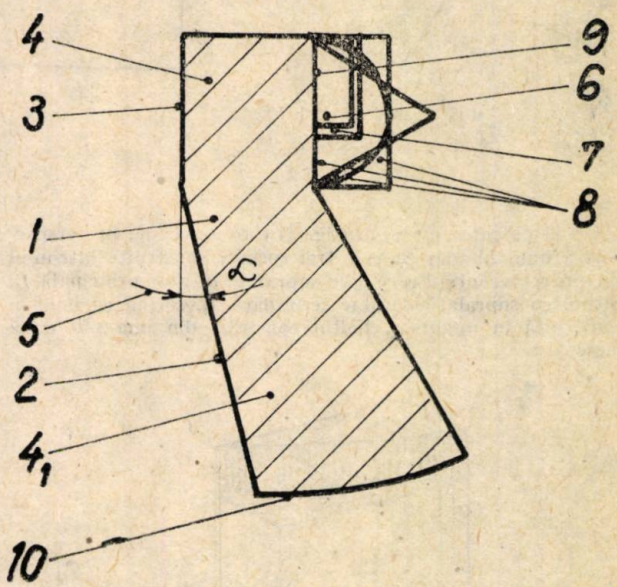


Fig. 1

punct de vedere tehnologic, cu suprafața de atac principală *2*, suprafața de atac secundară *3*, avînd între ele un unghi α mai mic de 45° (*5*), cu partea superioară *4* făcînd corp comun între ele și cu unul sau mai multe bolțuri sau cnuturi *6*, care se introduc în gaura sau federul *7* și se așază pe suprafața *9* a paletei-suport *8*, avînd partea inferioară *10* limitată în secțiune sub formă de arc de cerc.

În continuare se dă un al doilea exemplu de realizare (fig. 2):

— blindajul pentru rotorul morii-ventilator *1'*, cu reperele *2'*, *3'*, *5'* la fel ca în figura 1, avînd unghiul β egal cu

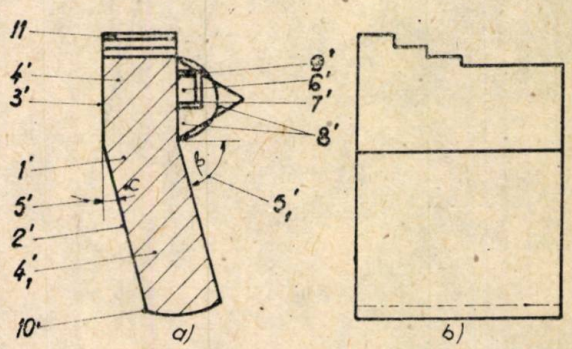


Fig. 2

$90° - \alpha$ ($5_1'$), și reperele *6'*, *7'*, *8'*, *9'* și *10'* la fel ca în figura 1, avînd muchia *11* în trepte sau în pantă.

*) Rubrică întocmită de ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG.

Un al treilea exemplu de realizare se dă în figura 3 :

— blindajul pentru rotorul morii-ventilator arătat în secțiune *1''*, cu reperele *2''*, *3''*, *5''*, *6''*, *7''*, *8''*, *9''* și *10''*, asemănătoare cu reperele din figura 1, avînd muchia *11'* montată pe suprafața de atac secundară, în trepte sau cu secțiunea de deasupra în pantă.

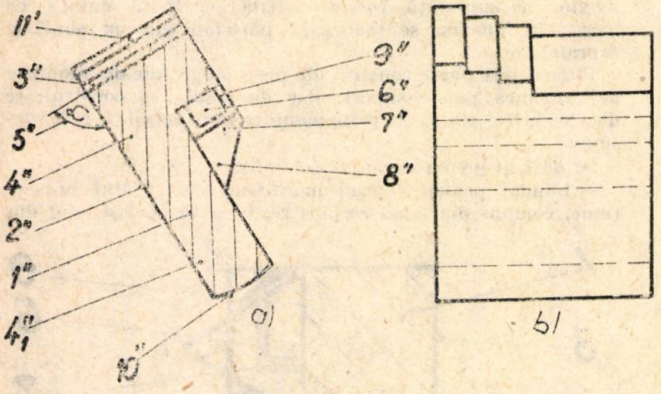


Fig. 3

Un al patrulea exemplu (fig. 4) este o schemă în perspectivă a unui blindaj cu cele trei corpuri construite într-unul singur, reprezentînd corpul cu suprafață de atac principală 1_4, corpul cu suprafață de atac secundară 4_4, corpul cu muchia construită în unghi 8_4, bolțul construit din una sau două piese.

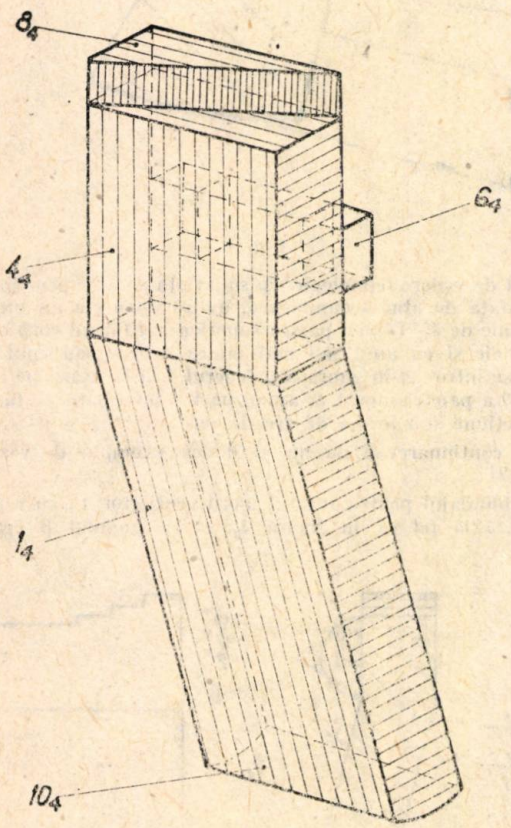


Fig. 4

În figurile 5 și 6, cu repere asemănătoare celor din figurile precedente, sînt redate combinații din figurile 1, 2 și 3 ; în figura 5 suprafața de atac principală este construită asimetric și înclinată ; în figura 6 unghiul γ (*13*), egal cu 45—90°, reprezintă înclinația muchiei construită la partea superioară.

Pot fi date și alte exemple care rezultă din combinația dintre exemplele arătate în figurile 1, 2, 3, 4, 5 și 6, din care pot rezulta soluții în conformitate cu situația pe care o prezintă rotorul morii-ventilator.

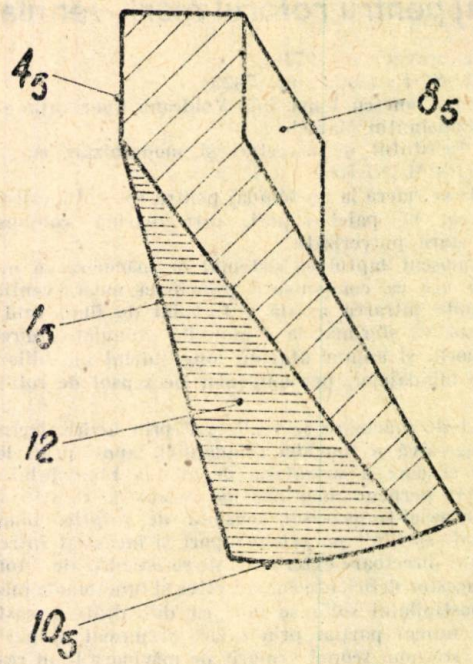


Fig. 5

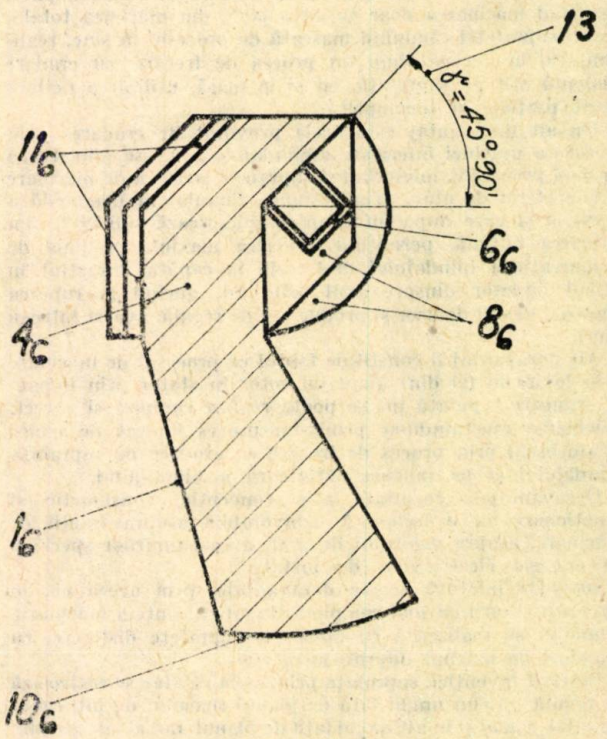


Fig. 6

Avantaje :

— se realizează o măcinare avansată, crescînd cantitatea și debitul de combustibil solid măcinat sub formă de praf ;

— se utilizează capacitatea maximă a suprafețelor de măcinare ale blindajelor, a rotorului întreg, precum și a statorului,

prin impact și lovire, limitîndu-se măcinarea prin frecare și rodarea agresivă a tuturor pieselor ;
— se mărește durata de funcționare dintre două reparații ;
— se micșorează consumul de energie electrică și metal ;
— se îmbunătățește procesul de ardere în cazane, prin îmbunătățirea uscării combustibilului pulverizat și a finețiii de măcinare.

Ciocan de moară

Cerere de brevet : nr. 86164
Brevet R. S. România : nr. 74954
Autori : ing. Ionescu Ionel și ing. Constantin Marcel
Titular : Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG)

Prezenta invenție se referă la un ciocan de moară pentru măcinare în stare pulverizată a combustibililor solizi și a altor materiale, în mori cu ciocane.

Este cunoscut faptul că actualele sisteme de măcinare cu mori cu ciocane folosesc ciocane de formă paralelipipedică, cu ureche dublă, cu găuri, prin care acesta se cuplează la brațul roții rotorului cu ajutorul unui bulon.

Acest tip de ciocane este folosit pentru măcinarea combustibililor solizi din stare brută în stare pulverizată prin procesul de lovire a ciocanelor asupra cărbunelui brut de diferite granulații.

Dezavantajele acestui tip de ciocan constau în faptul că suprafața de lovire în raport cu masa sa este mică, această suprafață se diminuează prin erodare în mod neuniform, iar capul ciocanului se erodează fără proces de lovire, pînă la diminuarea suprafeței utile.

De asemenea, prin scăderea suprafeței utile a ciocanului scade capacitatea de măcinare, de autoventilare a morii și productivitatea acesteia.

Invenția înlătură aceste dezavantaje, prin aceea că realizează un ciocan cu o suprafață de lovire mare, comparativ cu alte ciocane, sporită în raport cu masa totală a ciocanului, și o suprafață de lovire cel puțin egală cu cea inițială, pe toată perioada de funcționare, pînă la consumarea totală a masei acesteia, suprafața activă avînd un unghi al suprafeței de atac α mai mic de 90°, egal cu de două ori mărimea unghiului, β un unghi γ de 60°, egal cu unghiul β, fiind independent de masa și calitatea materialului.

Potrivit invenției se înlătură erodarea capului ciocanului datorită construcției acestuia cu un unghi de scăpare al suprafeței capului ciocanului δ mai mic decît unghiul β.

Potrivit invenției, partea din ciocan care cuplează la brațul rotorului morii este construită din una sau două urechi, cu gaură pentru cuplare cu bulon, sau altă presă, astfel ca centrul de greutate al masei ciocanului să se găsească pe o linie dreaptă, care trece prin centrul geometric al găurii și prin vîrful unghiului $\beta + \beta'$, aceasta reprezentînd axa radială ce trece prin brațul fix de cuplaj al ciocanului la rotorul morii.

Ciocanul poate fi realizat prin orice proces de prelucrare, inclusiv prin turnare, putînd fi construit din fontă, oțel sau alte materiale, suprafața utilă de lovire și celelalte neavînd nevoie de prelucrare specială.

Un exemplu de realizare a invenției se dă în figura 1, care reprezintă secțiunea longitudinală prin ciocan. Ciocanul de moară cu suprafață constantă de lucru pentru măcinarea în stare pulverizată a combustibililor solizi și a altor materiale are secțiunea în patru laturi *1*, cu latura *2* a suprafeței de atac, latura *d* cuprinzînd între ele unghiul α, mai mic de 90°, egal cu cel puțin de două ori unghiul β, unghiul β' de 60°, ambele cuprinse între laturile *a* și *b* ; unghiul β este egal cu unghiul γ, cuprins între *b* și *c*, unghiul δ este cuprins între perpendicularele II—II′ pe axa radială I—I′ și latura *b*,

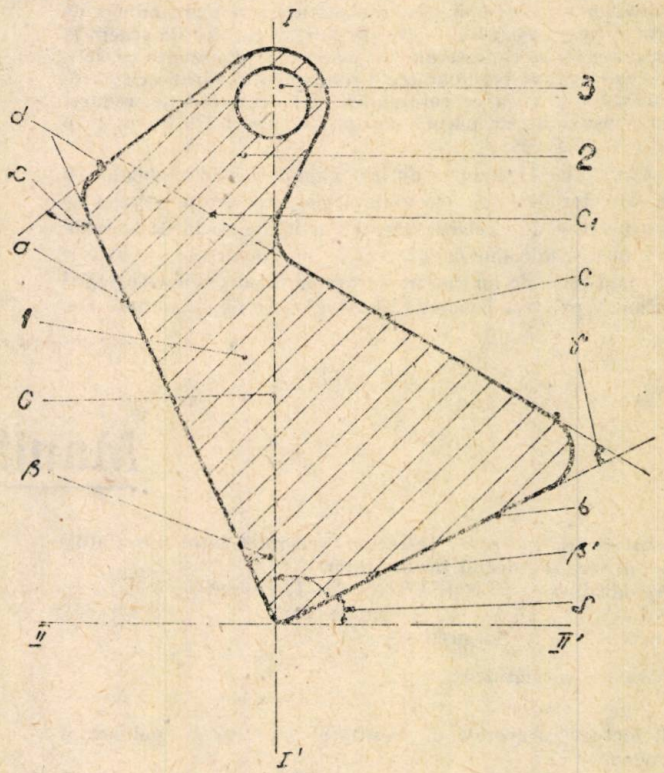


Fig. 1

mai mic decît β, cu urechea de prindere *2*, cu gaură *3*, făcînd corp comun cu corpul ciocanului *1*, cu umăr de demarcație C_1, avînd centrul de greutate *G* pe axa radială I—I′, care trece prin brațul ciocanului montat fix în butucul rotorului morii.

Avantaje :

— Ciocanul poate fi construit și utilizat pentru orice sistem de măcinare cunoscut în tehnică, pentru toți combustibilii solizi, materialele de construcții, în vederea măcinării în stare pulverizată.

— Se mărește productivitatea, capacitatea de uscare, se activează transportul pneumatic al sistemului de măcinare.

— Se îmbunătățește omogenizarea finețiii prafului combustibililor solizi.

— Se micșorează consumul de energie electrică și metal, pe tona de praf de cărbune produs.

— Se mărește capacitatea de măcinare pe unitate, sistem de măcinare și cazan.

Noutăți tehnico-științifice*)

Aparat de măsură continuă a punctului de rouă care controlează și prezența acidului sulfuric în gazele de ardere ale cazanelor de abur

Firma Land Combustion Ltd. din Chesterfield (Anglia) a realizat un nou aparat de măsură a punctului de rouă acid, care , asociat cu un sistem automat de curățire a detectorului, funcționează continuu mai multe mii de ore, fără a necesita întreținere.

Acest aparat, Model 410, poate fi instalat pe pereții canalelor de gaze de ardere ale cazanelor de abur care ard combustibil conținînd sulf. Aparatul indică și înregistrează continuu temperatura de rouă acidă a gazelor de ardere, cu o precizie de ± 2°C, ceea ce permite evitarea coroziunii în zonele reci, murdărirea și emisia de funingine, fără a mai fi necesară ridicarea temperaturii (cu consum suplimentar de combustibil) sau folosirea aditivilor.

*) Rubrică întocmită de ing. Roșu Anton — ICEMENERG.

În exploatare cazanele de abur funcționează cu o temperatură a gazelor de ardere la evacuare cu puțin peste valoarea punctului de rouă acid, pentru a se obține un randament termic maxim și, în același timp, pentru a evita efectele nefavorabile ale condensării acidului sulfuric; acest aparat poate determina temperatura la care un cazan poate funcționa în siguranță în diverse condiții, simplificînd evaluarea dozelor eficace minime de aditivi și anunțînd modificări ale condițiilor susceptibile să antreneze creșterea poluării sau a coroziunii.

Pentru a avea o marjă de siguranță, un mare număr de cazane funcționează cu o temperatură a gazelor de ardere la evacuare cu 25°C peste nivelul necesar. O diminuare cu 25°C a acestei valori îmbunătățește randamentul termic cu aproximativ 1%, ceea ce corespunde, spre exemplu, cu reducerea consumului de păcură cu aproximativ 1 t/h la un grup de 330 MW.

Aparatul este compus dintr-o sondă de oțel inoxidabil cu un detector de punct de rouă. Detectorul are o termocuplă și o pereche de electrozi într-un cartuș de sticlă de borosilicat, care se introduc în curentul de gaze de ardere. Acest cartuș este răcit de un curent de aer al cărui debit este reglat automat printr-o comandă electronică și un regulator. Debitul se mărește continuu pînă apare un curent între electrozi (curent care indică condensarea acidului pe sondă) și se reglează astfel, încît curentul să rămînă constant la 100 μA. Acidul se evaporă tot atît de repede precum se condensează și temperatura de echilibru (punctul de rouă acid) se măsoară cu termocupla.

Prelucrarea electronică a datelor măsurate permite aparatului să furnizeze o tensiune de ieșire afișată pe un ecran — atît numeric cît și pentru înregistrare — (100 mV/°C sau 10 mV/°F) și un curent de ieșire cuprins între 4 și 20 mA, corespunzînd unei temperaturi cuprinse între 0 și 200°C, care poate alimenta diferite comenzi automate.

La anumite intervale, un ceas încorporat în unitatea electronică de comandă provoacă extragerea cartușului pentru a fi spălat cu un amestec de apă și aer. Un ciclu de curățire în două trepte permite reducerea la minimum a șocului termic al punctului de detectare și asigură eliminarea totală a depunerilor.

Firma construiește și un aparat portativ, Model 200, care permite o măsurătoare periodică, în timp ce Modelul 410 nu permite decît o măsurătoare continuă.

Manifestări tehnico-științifice*)

Consfătuirea cu tema: **Influențe reciproce între instalațiile energetice și mediul înconjurător**

Organizatori : ICEMENERG, IE Tîrgu-Mureș
Data : 11—12 noiembrie 1982
Locul : Tîrgu-Mureș

Tematica consfătuirii:

I. Surse de poluare.

II. Metode și aparate de măsură a gradului de poluare și prognoză.

III. Procedee pentru menținere a calității mediului înconjurător și valorificarea produsului rezultat.

IV. Implicații ale poluării mediului înconjurător în funcționarea agregatelor energetice.

Informații suplimentare se pot obține de ICEMENERG, telefon 20.67.30, interior 146, tov. Moțiu Cornel sau Ataman Eleonora.

Al 4-lea Simpozion privind controlul și atestarea calității produselor electrotehnice și electronice cu tema: *Controlul și atestarea calității aparatajului electric de joasă tensiune*

Organizatori : ICPE în colaborare cu MIMUEE
Data : 11—13 noiembrie 1982
Locul : Poiana Brașov

Tematica simpozionului:

1. Nivelul calității produselor indigene comparativ cu nivelul produselor străine
2. Probleme de standardizare și tipizare
3. Atestarea calității produselor la introducerea în fabricație și pe parcursul fabricației.
4. Realizări sub aspectul fiabilității, mentenabilității și disponibilității produselor
5. Cerințe actuale privind îmbunătățirea calității produselor

Informații se pot obține la telefon 31.41.00/165 sau 163, tov. Albu A., ICPE — Secția cercetării calității, Bd. Tudor Vladimirescu nr. 45—47, cod poștal 76036, București.

*) Rubrică întocmită de COPIM—ICEMENERG.

Simpozionul **Disponibilitatea centralelor termoelectrice funcționînd pe cărbuni inferiori**

Organizatori : MEE, ICCE, CNST, CTE Rovinari, CTE Turceni
Data : trimestrul I 1983
Locul : Tîrgu-Jiu

Simpozionul va dezbate următoarele grupe de probleme:

I. Măsuri și acțiuni pentru creșterea disponibilității prin perfecționări constructive și tehnologice

II. Asigurarea și organizarea întreținerii, reviziilor și reparațiilor

III. Asigurarea și controlul calității combustibilului, a continuității alimentării cu cărbune, a omogenității acestuia

IV. Contribuția personalului de exploatare la creșterea disponibilității, metode de instruire și testare, structuri organizatorice, climat de lucru

V. Metode de calcul și definire a indicatorilor specifici de disponibilitate, de colectare și prelucrare a datelor statistice și tehnice cu privire la comportarea în funcționare a echipamentelor energetice

VI. Implicațiile economice ale diferitelor niveluri de disponibilitate

Alte informații se pot obține la ICEMENERG-COPIM, ing. Margareta Văideanu, telefon 21.46.30, int. 224, 234, ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, București, cod 79619

A X-a Consfătuire a Termoenergeticienilor din R.S.R. — 1982 cu tema: *Valorificarea și gospodărirea rațională a resurselor energetice ale țării*

Organizator : Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor din Republica Socialistă România
Data : 9—11 decembrie 1982
Locul : Brașov

Pentru alte informații suplimentare vă puteți adresa la ISPE—Atelier Termoficări, Bd. Lacul Tei nr. 1, sector 2, București, Telefon 12.19.70, int. 260 sau 171.

Cronică

CONSFĂTUIREA

pe țară privind reducerea consumului de energie electrică și termică și încadrarea în cotele aprobate

Galați 29—30 septembrie 1982

În zilele de 29 — 30 septembrie 1982, a avut loc la Galați Consfătuirea cu tema „Reducerea consumului de energie electrică și termică și încadrarea în cotele aprobate", organizată de Ministerul Energiei Electrice cu sprijinul Comitetului județean Galați al P.C.R.

La consfătuire au participat 260 de specialiști în energetică și tehnologi din întreprinderi, centrale industriale, institute de cercetare proiectare și inginerie tehnologică, cadre din învățământul superior, din ministere, consilii populare județene și Consiliul popular al municipiului București.

În deschiderea lucrărilor au luat cuvîntul tovarășul Trandafir Cocârlă, ministrul energiei electrice, și tovarășul Vasile Cojocaru, secretar al Comitetului județean Galați al P.C.R.

În cuvîntul său, tovarășul ministru Trandafir Cocârlă a prezentat preocupările actuale și de perspectivă ale Ministerului Energiei Electrice și a orientat dezbaterile consfătuirii către direcțiile majore de acționare pentru raționalizarea consumurilor energetice la toate categoriile de consumatori.

Tovarășul secretar Vasile Cojocaru, subliniind importanța și actualitatea tematicii consfătuirii, a arătat totodată cele mai importante realizări în acest domeniu din cadrul unităților industriale din județul Galați.

Au fost prezentate 72 de referate și comunicări în plen și în cadrul celor două secții.

Consfătuirea a dezbătut într-un cadru larg experiențele pozitive și măsurile aplicate de întreprinderi, centrale industriale și ministere, pentru realizarea sarcinilor stabilite de conducerea de partid și de stat în legătură cu promovarea unei politici ferme de gospodărire rațională și reducere a consumurilor de resurse energetice, de economisire strictă a combustibilului și energiei în toate sectoarele de activitate.

Din conținutul lucrărilor prezentate și din dezbateri s-a desprins preocuparea permanentă pentru soluționarea, în lumina hotărîrilor Congresului al XII-lea al P.C.R. și ale Plenarei C.C. al P.C.R. din 31 martie 1982, a problemelor cu care se confruntă energetica din țara noastră.

Atît referatele prezentate, cît și luările de cuvînt au scos în evidență principalele căi de reducere a consumurilor de energie și încadrare în cotele aprobate, măsurile concrete aplicate în diferite unități economice și rezervele însemnate care mai există pentru reducerea în continuare a consumurilor energetice.

Sintetizînd principalele aspecte reieșite din referate și din discuții au rezultat următoarele concluzii :

1. Ridicarea gradului de folosire rațională a energiei începută încă din faza de proiectare și continuată în exploatarea instalațiilor constituie în prezent calea cea mai ieftină pentru reducerea consumurilor de combustibili și echilibrarea balanțelor energetice, care trebuie pusă în valoare în special pe baza bilanțurilor energetice.

2. Bilanțurile energetice nu trebuie să constituie un scop în sine ; ele trebuie să devină instrument de lucru permanent, în scopul raționalizării și economisirii energiei de toate formele, depistării și înlăturării oricăror surse de risipă. În acest scop trebuie avute în vedere următoarele :

— elaborarea bilanțurilor trebuie să aibă loc în condițiile întîlnite curent în exploatare într-un interval de timp caracteristic procesului de producție și cu aparatură avînd o precizie corespunzătoare ; analiza prin bilanț trebuie să țină seama de ansamblul instalațiilor ;

— rezultatele măsurătorilor trebuie să fie analizate și comentate ;

— orice bilanț trebuie să conțină concluzii clare, care să se transpună în programe de măsuri concrete ;

— să se urmărească aducerea la îndeplinire a măsurilor rezultate din bilanțuri ;

— să se folosească metode moderne de calcul la elaborarea bilanțurilor energetice, care să țină seama de caracterul dinamic al proceselor tehnologice. O astfel de metodă concepută de Universitatea Galați a fost aplicată cu succes în cadrul C. S. Galați.

3. Este necesar să se urgenteze realizarea programelor de recuperare și valorificare a resurselor energetice refolosibile inventariate, la care se înregistrează rămîneri în urmă ;

— trebuie generalizate soluțiile de recuperare a gazelor reziduale care se ard la faclă, obținîndu-se prin aceasta efecte economice însemnate și, totodată, reducerea poluării mediului ambiant. Potrivit unei soluții a Institutului de inginerie tehnologică și proiectare pentru industria chimică IITPIC—București se pot recupera într-un combinat petrochimic gazele reziduale rezultate din instalațiile de monomeri cu o eficiență de 65000 t c.c./an și o durată de amortizare a investițiilor de 14 luni ;

— trebuie promovate soluții de valorificare a căldurii gazelor de ardere rezultate la diverse cuptoare. Prin folosirea unor cazane recuperatoare, cu mai multe fascicule schimbătoare de căldură în contracurent, se pot obține pe baza gazelor evacuate din cuptoarele de piroliză 5 t/h abur de 4 bar (în treapta I) și preîncălzirea de la 60 la 80°C a apei de alimentare a cazanului (în treapta a II-a) la o piroliză de 100 000 t/an și, respectiv, 5 t/h abur de 10 bar și preîncălzirea apei de alimentare de la 20 la 110°C, la o piroliză de 200 000 t/an.

Eficiența economică se ridică în primul caz la circa 3000 t c.c./an, iar în cel de-al doilea, la circa 9000 t c.c./an.

De asemenea, în cazul cuptoarelor cu funcționare intermitentă, aplicarea soluției INCERC București la preîncălzirea aerului de combustie cu ajutorul unui schimbător de căldură cu fluid intermediar (difil) asigură amortizarea investițiilor în 6,5 ani.

Prin recuperarea integrală a căldurii gazelor de ardere la șase cuptoare tunel de ars vase și folosirea acesteia la uscătoarele de vase, s-a realizat în cadrul întreprinderii „Emailul Roșu" — Mediaș o economie de 945 t c.c./an.

4. O atenție deosebită trebuie acordată recuperării și valorificării căldurii de potențial scăzut.

— O soluție de utilizare directă a căldurii apelor de răcire pentru încălzirea unei sere s-a experimentat la CET București-Vest. Apa cu temperaturi de 18—35°C curge pelicular pe acoperișul și pe pereții laterali ai serei. Față de serele clasice se realizează o economie de combustibil de 500 t c.c./h an, iar durata de recuperare a investiției este de circa 8 ani.

— Prin introducerea la CFS Iaşi a unei pompe de căldură de 5 Gcal/h, cu absorbţie cu bromură de litiu, se va realiza pe baza recuperării căldurii apelor de răcire o economie de combustibil de circa 2800 t c.c./an.

De asemenea, cu ajutorul pompelor de căldură cu compresie se poate recupera căldura reziduală de la camerele de uscare a cherestelei, de la uscătoarele de furnire tehnice şi estetice, din instalaţiile de uscare a aşchiilor, de la tunelele de emailare, de la presele de melaminare, căldura apelor de răcire din industrie etc.

— O soluţie eficientă de valorificare a RER cu potenţial scăzut, cu aplicabilitate în special în industriile petrochimice şi chimice, o constituie sistemele cu ciclul RANKINE cu fluide organice (ORC). Fluidul organic cu temperatură de evaporare scăzută preia căldură de la RER, este transformat în vapori, după care se destinde într-o turbină cuplată cu generator electric, condensează şi reintră în continuare în circuit închis.

Este necesară implementarea de urgenţă a acestei soluţii şi în ţara noastră.

Trebuie să se generalizeze preocupările pentru recuperarea căldurii aerului cald evacuat prin ventilaţii realizate în unele unităţi din cadrul MIMUEE („Electrometal" — Timişoara, „Conect" — Bucureşti, ITME Filiaşi etc.).

La IRE Cluj s-a experimentat recuperarea căldurii evacuate din transformatoarele electrice, în scopul încălzirii încăperilor din staţiile electrice. Se preconizează perfecţionarea soluţiei prin asocierea schimbătorului de căldură ulei-ulei ca o pompă de căldură.

— Trebuie să crească nivelul de preocupare pentru gospodărirea condensatului, prin prevederea celor mai adecvate tipuri de separatoare (oale) de condensat, întreţinerea corespunzătoare a acestora, utilizarea schemelor de returnare „în circuit închis", evitarea impurificării condensatului (în care caz se recomandă folosirea transformatoarelor de abur), recuperarea căldurii aburului de expandare şi a condensatului impurificat netratabil.

O soluţie de expandare în mai multe trepte a condensatului rezultat din abur de 38—40 bar, cu reinjectarea aburului secundar rezultat în barele de abur la presiuni inferioare, aplicată în cazul unui combinat chimic aduce economii de circa 17500 t c.c./an, cu o durată de recuperare a investiţiilor de circa 1,6 ani.

Economii însemnate de combustibil se pot obţine în procesul de fabricare a betonului celular autoclavizat prin :

— transvazarea aburului uzat dintr-o autoclavă aflată în faza de coborîre a presiunii în altă autoclavă aflată în faza de ridicare a presiunii ;

— folosirea aburului uzat de la autoclave pentru prepararea apei fierbinţi, utilizată la încălzirea halei ;

— folosirea aburului uzat ca abur tehnologic la o hală învecinată.

5. Se impune promovarea cu mai multă hotărîre a progresului tehnic pentru modernizarea şi perfecţionarea echipamentelor industriale, a proceselor şi lucrărilor tehnologice, înlocuirea instalaţiilor şi tehnologiilor vechi energointensive, în vederea reducerii accentuate a consumurilor energetice. Dintre numeroasele posibilităţi ce trebuie avute în vedere menţionăm :

În industria energiei electrice şi termice :

— modificarea unor turbine de condensaţie pentru livrarea de căldură în regim de termoficare. Pentru un grup de 200 MW economiile obţinute sînt de 7000—25000 t c.c./an, în funcţie de schema adoptată ;

— trecerea turbinelor la funcţionarea cu vid înrăutăţit.

Prin aplicarea unor asemenea modificări la turbine de 50, 100, 125 MW se obţin economii însemnate, între 3000 şi 15 000 t c.c./an şi grup.

În industria chimică :

— îmbunătăţirea procesului de obţinere a butadienei prin sinteză, prin aplicarea unor procedee moderne de dehidrogenare conduce la reducerea consumului specific cu circa 1 t c.c/t de butddienă ;

— dezvoltarea proceselor de electroliză cu diafragmă ;

— înlocuirea anozilor de grafit cu anozi de titan la celulele de electroliză a clorului (economii de circa 16 000 t c.c./an pe o celulă) ;

— înlocuirea acţionărilor pe bază de redresoare cu vapori de mercur, cu acţionări pe bază de tiristoare (economii de circa 30 000 MWh/an la o fabrică de acetilenă) ;

— introducerea conversiei oxidului de carbon la joasă temperatură la unele instalaţii vechi de amoniac.

În industria metalurgică :

— insuflarea oxigenului în cuptoarele Siemens Martin şi în cuptoarele electrice ;

— introducerea procedeului de turnare continuă a oţelului în semifabricate (şleburi şi blumuri) folosind căldura oţelului lichid şi eliminînd complet faza de reîncălzire ;

— creşterea capacităţii unitare a bateriilor de cocsificare ;

— creşterea volumului util al furnalelor concomitent cu îmbogăţirea în oxigen a aerului insuflat şi creşterea temperaturii acestuia ;

— generalizarea instalaţiilor de stingere uscată a cocsului.

În industria construcţiilor de maşini :

— înlocuirea cementării cu iononitrurare la unele operaţii de tratament termic ;

— reducerea consumului de abur tehnologic prin utilizarea cu precădere a vopselelor cu uscare liberă ;

— desfiinţarea melanjoarelor basculante aferente cubilourilor şi trecerea la soluţia cu bazin antecreuzet ;

— utilizarea amestecurilor autoîntăritoare la rece în procesele de miezuire şi formare ;

— detensionarea prin vibraţii în locul detensionării termice.

În industria materialelor de construcţii :

— realizarea unor elemente prefabricate diverse pe spaţii descoperite fără tratament termic ;

— tratarea temică a panourilor mari în tunele cu regim de tratare la 30—50°C în loc de 65°C ;

— înlocuirea tratamentului termic al panourilor mari în stive de tipare încălzitoare, cu tratament în camere de aer pulsator sau în cuve cu aer cald ;

— utilizarea energiei solare ca sursă suplimentară pentru tratamentul termic al tuburilor din beton precomprimat.

În industria uşoară :

— tipizarea cuptoarelor de topire în industria sticlei şi ceramicii ;

— realizarea de linii tehnologice de prelucrare automată a sticlăriei de ambalaj ;

— introducerea unor noi tehnologii de realizare a sticlei plane ;

— modernizarea proceselor tehnologice la finisajul textil (se obțin reduceri ale consumului de energie termică cu 40—50 %).

În agricultură, zootehnie și industria alimentară :

— realizarea de sere și solarii încălzite cu apă de răcire evacuată din termocentrale sau din întreprinderi industriale ;

— utilizarea energiei solare în procesele de uscare a nutreților și topire a grăsimilor ;

— utilizarea ventilației naturale pentru răcirea legumelor și fructelor în depozite, în perioadele cu temperaturi exterioare scăzute ;

— proiectarea unor aparate de evaporație și extracție cu randamente îmbunătățite cu circa 10 % pentru fabricile de zahăr.

6. Alegerea celor mai eficienți purtători de energie trebuie să se facă pe baza unei corecte fundamentări tehnico-economice, în care scop se recomandă aplicarea criteriului „cheltuielilor totale actualizate" prevăzut în normativul M.E.E., PE 011/1980.

— Trebuie evitată utilizarea nerațională a energiei electrice ca agent de substituție a altor forme de energie sau combustibili deficitari, în special la receptoarele electrotermice, situații în care randamentul global al procesului este foarte scăzut.

— Să se folosească pe cît posibil aer ventilat în locul aerului comprimat.

— Să se înlocuiască acționarea pneumatică a sculelor cu alte tipuri de acționări.

— Să se regleze presiunea aerului în rețelele de distribuție în funcție de curba de consum.

— Compresoarele cu piston Reșița să fie dotate cu regulatoare de presiune de tipul celor realizate și experimentate la IAS — București și IOR — București.

— Să se elimine folosirea aburului ca agent termic la încălzirea spațiilor închise.

7. În sezonul de încălzire 1982/1983 și în continuare producerea energiei termice trebuie să se realizeze potrivit sarcinilor trasate de conducerea de partid și de stat, cu o reducere suplimentară a consumului de produse petroliere, ceea ce impune ca preocupările de bază ale întregului personal tehnic din unitățile furnizoare, revînzătoare și consumatoare de energie termică să fie axate pe utilizarea rațională a acesteia, reducerea consumurilor, diminuarea pierderilor și eliminarea risipei, realizarea programelor de trecere pe cărbune a CT echipate cu cazane mici și mijlocii pe hidrocarburi și în special a celor cu combustibili lichizi.

— Pentru asigurarea funcționării în condiții sporite de siguranță și economicitate, instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei termice trebuie atent verificate, revizuite și reparate la termenele planificate, urmărindu-se ca lucrările respective să fie finalizate înainte de începerea sezonului de încălzire.

— Trebuie să se acționeze în continuare prin toate mijloacele pentru ridicarea nivelului de pregătire profesională și disciplină în muncă al personalului de exploatare și întreținere al centralelor electrice de termoficare, centralelor termice și punctelor termice.

— În scopul raționalizării consumurilor de energie termică, unitățile furnizoare de energie termică, în colaborare cu cele revînzătoare, trebuie să stabilească programe de funcționare și încărcare optimă a capacităților de producere și livrare a energiei termice.

— Este necesar să se perfecționeze regimurile de livrare a energiei termice, sub formă de apă fierbinte, prin aplicarea reglajului mixt calitativ-cantitativ.

— Trebuie să se îmbunătățească echilibrarea hidraulică și termică a rețelelor termice primare și în special a celor secundare (la care se constată rămîneri în urmă), pe baza estimării corecte a consumurilor, aplicării prevederilor studiilor de regim și corectării acestora prin măsurători locale.

— Este necesar să se accelereze dotarea punctelor termice cu aparate de măsură (inclusiv contoare de căldură și regulatoare automate).

— Se impune organizarea unui control mai atent al parametrilor chimici ai agenților termici pe ansamblul sistemelor de termoficare, în vederea depistării operative a surselor de impurificare și remedierii imediate a deficiențelor.

— Trebuie să se asigure măsuri, începînd din proiectare și continuînd cu execuția și pe parcursul exploatării, pentru prevenirea și combaterea coroziunii exterioare și interioare a rețelelor termice.

— Să se verifice în unitățile socialiste de stat, cooperatiste și obștești, finalizarea lucrărilor necesare pentru efectuarea întreruperii încălzirii spațiilor în afara programului de lucru.

— Să se acționeze mai ferm, în special la consumatorii industriali, pentru încadrarea strictă în cotele alocate și raționalizarea continuă a consumurilor de energie.

— Să se îmbunătățească colaborarea între unitățile furnizoare de energie termică și cele revînzătoare, atît sub aspectul relațiilor contractuale directe, cît și în activitatea de îndrumare și control, pe linia utilizării judicioase a combustibililor și energiei, la toate categoriile de consumatori.

8. Avînd în vedere faptul că în prezent sistemele de irigări și desecări au o pondere însemnată, atît ca putere absorbită (circa 2200 MW), cît și din punctul de vedere al consumului de energie electrică, este necesar ca în întreprinderile de exploatare și îmbunătățiri funciare să se intensifice preocupările privind :

— repararea pereților la canalele dalate și extinderea lucrărilor de impermeabilizare ;

— reducerea gradului de colmatare a rețelelor de irigații ;

— stabilirea normelor de udare funcție de regimul efectiv al precipitațiilor ;

— alimentarea gravitațională a sistemelor de irigații ;

— funcționarea în secvență optimă a agregatelor de pompare și eliminarea funcționării sub capacitate a acestora ;

— montarea și menținerea în stare de funcționare a bateriilor de condensatoare pentru compensarea factorului de putere.

9. În vederea reducerii pierderilor de energie electrică și a creșterii siguranței în alimentarea consumatorilor, trebuie să se acționeze prin :

— optimizarea schemelor de transport și distribuție ;

— exploatarea economică a transformatoarelor electrice ;

— îmbunătățirea factorului de putere prin montarea în special la consumatori a mijloacelor de compensare moderne ca : baterii automatizate de condensatoare, baterii de condensatoare cu comutație statică rapidă (realizate pe baza concepției ICPE) ;

— reducerea efectelor regimului deformant prin montarea de echipamente speciale de filtrare-compensare de tipul celor construite de ICPE București și montate pînă în prezent la unități din cadrul M.I.M. și M.E.F.M.C ;

— reglajul curbei de sarcină, în special prin extinderea funcționării unor instalații în regim tampon. Efectul consumatorilor tampon la nivelul SEN este de circa 150—160 MW la vîrful de sarcină.

10. Să se îmbunătățească sistemul de măsurare a consumurilor de energie electrică, termică și de combustibili, care să asigure urmărirea acestora pe întreprinderi, secții și linii tehnologice;

— să se urgenteze producția de serie a contoarelor de căldură, în gama de debite și în cantitățile necesare pentru toate categoriile de consumatori;

— să se ia măsuri pentru creșterea fiabilității și a preciziei de măsurare a contoarelor termomecanice de căldură realizate pînă în prezent la întreprinderea „Precizia" — București.

11. Paralel cu acțiunile de reducere a consumurilor energetice prin îmbunătățirea tehnologiilor și utilizarea cît mai completă a resurselor energetice refolosibile, se impune intensificarea preocupărilor privind folosirea surselor noi de energie:

— Este necesară realizarea de instalații pentru prepararea apei calde folosind energia solară, pentru utilizări diverse în scopuri tehnologice și în scopuri igenico-sanitare.

— Trebuie generalizate soluțiile privind uscarea diverselor materiale pe baza energiei solare.

— Să se continue cercetările în vederea obținerii unor captatoare solare, inclusiv a celor cilindroparabolice, cu performanțe economice cît mai ridicate.

— Să se aplice la o scară mai mare soluțiile de obținere a biogazului în unitățile zootehnice (potrivit proiectelor ISPACAIA — MAIA), aplicate la unele complexe de creștere a animalelor, precum și din nămolurile rezultate în unele unități industriale (pe baza proiectelor Institutului de cercetări și proiectări pentru epurarea apelor reziduale ICPEAR — M.I.Ch.). O instalație de producere combinată a energiei electrice și termice, alcătuită dintr-un grup energetic dotat cu un motor SR—211 adaptat la funcționarea cu biogaz, concepută de Institutul național de motoare termice, a fost recent experimentată cu rezultate economice pozitive la întreprinderea „30 Decembrie".

— Să se urgenteze utilizarea apelor geotermale la încălzirea serelor (potrivit proiectelor pentru serele din Sînicolaul Mare, județul Timiș, și Săcuieni, județul Bihor), precum și pentru încălzirea spațiilor închise și prepararea apei calde menajere.

— Să se urgenteze omologarea și realizarea de echipamente eoliene complete (turbină plus generator electric sau instalație de pompare a apei) necesare alimentării consumatorilor izolați.

12. Reducerea consumurilor de energie electrică, energie termică și combustibili, încadrarea strictă în cotele aprobate, trebuie să devină o preocupare de fond a energeticienilor și a tehnologilor din toate unitățile economice.

În acest scop, sarcini deosebite revin comisiilor energetice din unități, care trebuie să-și intensifice activitatea de raționalizare a consumurilor energetice și de urmărire a încadrării în cotele de energie aprobate, antrenînd în această acțiune pe toți oamenii muncii din întreprinderi.

Ing. I. Măiereanu — M.E.E

Titlurile și autorii referatelor prezentate

Ședința comună

1. Utilizarea în CET Galați a resurselor energetice refolosibile disponibile pe platforma CSG pentru obținerea de energie electrică, termică și apă tratată.

   Ing. S. Șotri — CET Galați

2. Măsuri luate de CPCP și de comitele executive ale consiliilor populare județene și al municipiului București pentru aplicarea decretului Consiliului de Stat nr. 240/1982 privind reducerea consumului de eneergie electrică și termică.

   Ing. H. I. Teiușan — CPCP

3. Rolul cercetării științifice în abordarea problemelor de economisire a energiei

   Dr. ing. Gh. Bălan — ICEMENERG

4. Raționalizarea consumului de energie termică pe platforma CSG.

   Ing. R. Hanganu, Ing. C. Filimon, Ing. D. Mîrzescu, Ing. V. Ghineț — Combinatul siderurgic Galați (,,)

5. Preocupări pentru reducerea consumurilor de energie electrică din sistemul energetic național pe platforma CSG

   Ing. S. Stavăr, Ing. S. Ostache, Ing. M. Iosif, Ing. P. Ionescu, Ing. M. Popoviciu — Combinatul siderurgic Galați (,,)

6. Realizări ale MIMUEE pentru reducerea consumurilor de energie în unitățile ministerului

   Ing. S. Degal — IPMUE
   Ing. M. Onciu — IPMUE
   Ing. Gh. Găgeanu — DIRMS—MIMUEE

7. Folosirea rațională și economisirea energiei electrice, termice și a combustibilului în întreprinderi din industria sticlei și ceramicii fine

   Ing. P. Niță — CISCF-București

8. Implementarea la întreprinderea „Electroputere" — Craiova a unui program de măsuri complex tehnico-organizatorie, pentru încadrarea în consumurile normate de energie și combustibil

   Ing. S. Dumitru — întreprinderea „Electroputere-Craiova

9. Contribuții privind soluții de optimizare a consumurilor energetice aferente proceselor tehnologice la CATC Pitești

   Ing. C. Filp — IRE Pitești
   Ing. I. Vintilă — IRE Pitești

10. Analiza consumului energetic industrial în profil teritorial — municipiul București

    Dr. ing. C. Mereuță — întreprinderea Autobuzul-București
    Ing. Al. Chitian — ICPE
    Ing. D. Dorobanțu — ICPE
    Ing. L. Constantinescu — ICPE
    Ing. M. Zamfirescu — întreprinderea Autobuzul-București
    Pr. I. Bularde — ICPE

11. Aspecte privind extinderea utilizărilor de substituție ale energiei electrice

    Ing. V. Nogali — IDEB
    Ing. I. Știrbulescu — IDEB

12. Utilizarea căldurii de potențial scăzut din apele de răcire de la termocentrale, pentru încălzirea serelor

    Ing. C. Fulga — IE București
    Ing. D. Iavorschi — IE București

Secția I: *Posibilități și metode de reducere a consumului de energie electrică*

1. Direcții de acționare în vederea economisirii energiei în tracțiunea electrică
   Dr. ing. Gh. Turbuț — M.T.Tc.
   Ing. Șt. Dinu — M.T.Tc.
   Ing. I. Birtum — ICPTT

2. Economia de energie electrică — preocupare permanentă a proiectanților din industria chimică
   Ing. Fl. Ciurel — IITPIC București
   Ing. I. D. Suceveanu — IITPIC București
   Ing. E. Covar — IITPIC București
   Ing. M. Șmilovici — IITPIC București
   Ing. A. Nicolae — IITPIC București

3. Contribuții ale întreprinderii „Electroputere" — Craiova la reducerea consumului energetic și prin asimilarea și livrarea de echipamente complexe folosind electronica de putere
   Ing. S. Stamate — „Electroputere" — Craiova
   Ing. P. Stavarache — „Electroputere" — Craiova
   Ing. E. Chitucea — „Electroputere" — Craiova

4. Analiza posibilităților de reducere a consumurilor de energie electrică în industria preparării cărbunilor și minereurilor neferoase
   Ing. A. Dumitrescu — IRE Deva
   Ing. P. Stanciu — IRE Deva

5. Cercetări privind reducerea consumului de energie electrică în industria clorului
   Ing. I. Nicolae — IITPIC București

6. Studiu privind reducerea consumului de energie electrică în sistemele de irigații
   Ing. V. Popovici — IRE Constanța
   Sing. A. Bărăciu — IRE Constanța

7. Reducerea consumurilor de energie electrică la unele întreprinderi din raza de activitate a IRE Cluj și propuneri de viitor
   IRE Cluj

8. Realizări ale secției energetice IASE pe linia reducerii consumurilor energetice
   Ing. C. Littera — IASE

9. Căi de reducere a consumului de energie electrică
   Prof. Dan Nicolae — Universitatea Craiova

10. Rolul și importanța consumatorilor-tampon pentru reglarea curbei de consum în România
    Dr. ing. E. Costin — ISPE

11. Reducerea consumurilor de energie electrică cu 15% în uz casnic prin utilizarea iluminatului fluorescent
    Ing. C. Ionescu — ICPE
    Ing. E. Boboc — ROMLUX
    Ing. E. Plescaru — ICPE

12. Metode de economisire a energiei electrice la producerea aerului comprimat
    Ing. M. Cioceanu — IOR București

13. Sisteme automate de comandă a grupului de compresoare de aer în vederea reducerii consumului de energie electrică
    Ing. Fl. Hagea — Intreprinderea „23 August" Satu-Mare

14. Instalație automată de menținere a parametrilor optimi la băile de galvanizare
    Ing. Fl. Hagea — Intreprinderea „23 August" — Satu-Mare

15. Considerații privind erorile de măsurare în regim energetic deformant
    Dr. ing. I. Firiță — IPB
    Ing. S. Reșanu — IREB

16. Erori de contorizare la contorul cu două echipaje în regim energetic dezechilibrat
    Dr. ing. I. Firiță — IPB
    Ing. S. Reșanu — IREB

17. Realizări ICPE în vederea diminuării regimului deformant
    Ing. Cr. Poiană — ICPE
    Ing. Al. Chitian — ICPE

18. Baterii automate de condensatoare — mijloc eficient de economisire a energiei electrice
    Ing. Y. Alterescu — ICPE
    Ing. C. Bardaș — ICPE
    Ing. Al. Chitian — ICPE
    Ing. I. Cotnăreanu — ICPE
    Ing. G. Chendru — ICPE

19. Aspecte privind introducerea pe standurile de probă a motoarelor de încercare în regim recuperativ
    Ing. M. Gudumac — ICPE
    Ing. F. Ciobanu — ICPE
    Ing. M. Predescu — ICPE

20. Participarea centralelor electrice ale autoproducătorilor la acoperirea curbei de sarcină în sistemul energetic național
    Ing. D. Preda — ICEMENERG

21. Măsuri aplicate și posibilități de reducere a consumului de energie electrică în ramura construcției de mașini
    Ec. Adăscăliței — IRE Timișoara

22. Posibilități de reducere a consumurilor de energie electrică la marii consumatori industriali și similari prin reanalizarea schemelor de alimentare
    Ing. I. Blendea — IRE Timișoara

23. Preocupări și rezultate privind reducerea consumului de energie electrică la unii din marii consumatori alimentați de către IRE Iași
    Ing. S. Antoniuc — IRE Iași
    Ing. Gh. Citirină — IRE Iași
    Ing. C. Ostap — IRE Iași

Secția a II-a: *Gospodărirea rațională a energiei termice; recuperarea resurselor energetice refolosibile; bilanțuri energetice; surse și tehnologii noi de energie*

1. Aspecte privind recuperarea resurselor energetice din industria petrochimică
   Ing. S. Țuțuianu — IITPIC

2. Recuperarea căldurii gazelor arse de la cuptoarele tunel de ars vase tip CELLI și folosirea lor la uscătoarele de vase tip ADAMOLI
   Ing. V. Fulea — „Emailul Roșu" — Mediaș
   Ing. R. Romer — „Emailul Roșu" — Mediaș

3. Recuperarea căldurii la instalațiile tehnologice specifice industriei de prelucrare a lemnului
   Centrala Prelucrării Lemnului — București

4. Recuperarea căldurii transformatoarelor electrice și folosirea ei la încălzirea încăperilor stației
   IRE Cluj

5. Principii de reducere a consumului de energie la tratamentul termic al elementelor prefabricate din beton armat
   Ing. S. Manițiu — CMC București

6. Preocupări ale IASB pentru raționalizarea consumurilor termoenergetice
   Ing. G. Brezan — IASB

7. Posibilități de reducere a consumului de combustibil prin îmbunătățirea izolației termice a conductelor și aparatelor de măsură din industria petrochimică
   Ing. S. Țuțuianu — IITPIC

8. Analiza funcționării magistralei urbane-industriale de apă fierbinte din municipiul Oradea
Ing. I. Balogh — IE Oradea

9. Asupra sistemului de termoficare Valea Jiului
IE Paroșeni

10. Realizări obținute la IE București pe linia economisirii energiei și combustibilului
Ing. G. Șofran — IE București
Ing. H. Popescu — IE București
Ing. M. Iliescu — IE București

11. Bilanțul energetic în sprijinul acțiunii de valorificare superioară a RER din unitățile mari consumatoare de energie; preocupări și rezultate în cadrul IRE Suceava
Ing. O. Mustață — IRE Suceava
Ing. T. Chiriac — IRE Suceava
Ing. R. Sfichi — IRE Suceava
Ing. D. Irina — IRE Suceava
Ing. O. Reziuc — IRE Suceava
Ing. S. Blumenfeld — IRE Suceava
Sing. V. Ilie — IRE Suceava

12. Algoritm și programe privind analiza energotehnologică a consumatorilor industriali
Universitatea Galați
Combinatul siderurgic Galați

13. Bilanțurile energetice — instrument de investigare a eficienței energetice a proceselor tehnologice
Ing. D. Preda — ICEMENERG
Ing. I. Crăciun — ICEMENERG
Ing. C. Ioan — Combinatul petrochimic Borzești
Ing. V. Sreier — Combinatul petrochimic Borzești

14. Aspecte privind întocmirea bilanțurilor energetice
Ing. I. Știrbulescu — IDEB

15. Bilanțul electroenergetic — sursă de raționalizare a consumului de energie în întreprinderile industriale
Ing. D. Dobrescu — ICPE
Ing. I. Sincă — ICPE

16. Bilanțul energetic — sursă importantă de optimizare a proceselor tehnologice și de economisire a energiei electrice și termice
Ing. G. Dumitrescu — IRE Bacău

17. Producerea de apă fierbinte cu captatoare solare cilindro parabolice pentru preîncălzirea apei de adaos la centrale termice industriale
Dr. ing. C. Mereuță — Autobuzul — Bucure
Dr. ing. D. Moraru — ICPE

18. Aplicații în industria agroalimentară ale captatoarelor lare cilindroparabolice. Complexul Sabaru
Dr. ing. D. Moraru — ICPE
Ing. M. Rîpeanu — ICPE
Ing. C. Popescu — ICPE
Ing. I. Negreanu — ICPE
Ing. T. Circu — ICPE

19. Utilizarea RES sub formă de căldură cu potențial sc.. pentru producerea energiei electrice folosind sisteme ciclu Rankine cu fluide organice (ORC)
Ing. Gr. Iorgulescu — M.E.E. — D.T.

20. Aspecte privind acumularea căldurii sub formă de fierbinte în instalațiile de producere a energiei electr și termice
Ing. O. Țuțuianu — M.E.E. — D.T.

21. Baterii solare fotovoltaice cu siliciu
Ing. C. Popescu — ICPE
Ing. I. Negreanu — ICPE
Ing. T. Circu — ICPE

22. Folosirea surselor noi de energie în agricultură și industria alimentară
Ing. St. Mîndru — IPSCAIA

23. Contribuția cercetării la realizarea de noi tehnologii și agregate în scopul reducerii consumurilor energetice din industria alimentară
Ing. V. Nicolici — I. Ch. A. București
Ing. G. Lascu — I. Ch. A. București

24. Efectele măsurilor aplicate la CET Brazi pentru economisirea energiei electrice și termice
Ing. Vl. Nicu — IE Ploiești
Ing. C. Șeicărescu — IE Ploiești

25. Principalele probleme privind funcționarea economică a sistemelor de termoficare în anul 1982 și în iarna 1982—1983
CIPEET

I. C. BILEGAN, Tubul termic, Editura tehnică, București, 1982, 136 pg., 74 fig., 6 tab., 15 ref. bibl.

O cale de acțiune prioritară în vederea tensionării" raportului necesar-disbil energetic este aceea a reducerii plan general, în cazul fiecărei țări, mului specific de creștere a consumue resurse, prin măsuri care să conducă ealizarea unor economii efective de rgie. În acest sens, îmbunătățirile luse proceselor de conversie, transport utilizare a energiei au drept scop rincipal obținerea unor economii subtanțiale de resurse energetice, în special e hidrocarburi. Economiile directe sînt ele ce se realizează, în general, la nivelul onsumului final (deci la nivelul energiei onsumabile, indiferent de forma ei, ermică sau electrică) și în cadrul existent al tehnicii (fără a implica schimbări ale acesteia). Spre deosebire de acestea, economiile indirecte de energie sînt cele ce implică modificări tehnologice și care pot fi realizate nu numai la nivelul consumului final, ci și, dacă nu chiar îndeosebi, la nivelul fiecăreia dintre celelalte faze: conversie, transport și distribuție. Îmbunătățirile tehnologice aduse pe această filieră de transformare a energiei în forme utile determină restrîngeri ale consumului de resurse, fără ca, în mod necesar, să presupună limitări ale consumului final. De aici decurge deosebita importanță care se acordă tehnologiilor moderne, progresul științific și tehnic, contribuind în mare măsură la contracararea efectelor crizei de energie.

În acest context, lucrarea recenzată se constituie într-un ghid pentru specialiștii din industrie mai puțin familiarizați cu domeniul transportului căldurii cu ajutorul tuburilor termice.

Cum poate tubul termic transporta căldura de sute de ori mai bine decît cele mai bune materiale conducătoare de căldură, cuprul sau argintul? Cum se poate asigura transportul căldurii de la sursa caldă la sursa rece fără a apela la surse suplimentare de energie, spre exemplu pentru pomparea unui agent termic? Cum poate fi realizat un tub termic a cărui funcționare să nu depindă de poziția lui în spațiu sau de valoarea și sensul accelerației gravitaționale? Care sînt domeniile de temperaturi și combinațiile de materiale recomandate pentru construcția tuburilor termice? Ce avantaje practice rezultă prin utilizarea noului sistem de transfer de căldură în comparație cu sistemele clasice? Iată o serie de întrebări la care cititorul primește un răspuns bine documentat, însoțit de instrumentul matematic la îndemîna oricărui specialist cu formație tehnică, cu scopul declarat de a promova această tehnologie modernă în cele mai diverse sectoare de activitate, cu precădere în energetică pentru conversia și recuperarea energiei, în industriile: chimică, aerospațială, a construcțiilor de mașini, electronică, materialelor plastice, aparatelor de măsură și control și altele.

Dacă procedeele clasice de transfer de căldură prin conducție, convecție și radiație și echipamentele aferente acestora sînt în general bine stăpînite, cazul transportului căldurii cu ajutorul tuburilor termice este mai puțin cunoscut, primul capitol al lucrării propunîndu-și o trecere în revistă a elementelor teoretice ale funcționării tubului termic, cu referire specială la transferul de căldură, la limitele transportului de căldură sau, altfel spus, la limitele de funcționare ale tubului termic, la ciclul de lucru al tubului termic în diagrama „T-s", precum și la o serie de caracteristici și proprietăți generale ale acestor dispozitive.

Capitolele 2 și 3 sînt destinate prezentării aspectelor practice ale proiectării și realizării tuburilor termice și, respectiv, problemelor tehnologice de bază ale realizării acestora, atenția fiind îndreptată atît asupra etapelor de proiectare și alegere a materialelor de construcție, cît și asupra operațiilor relativ simple (care au anumite particularități) ca prelucrări mecanice prin așchiere, sudură, curățire chimică și control nedistructiv.

Determinarea experimentală a performanțelor tuburilor termice — etapă logică pe parcursul promovării unei soluții tehnologice noi —, constituie subiectul tratat în capitolul următor, în cadrul căruia se detașează un tablou comparativ (și orientativ în același timp) privind performanțele tehnice pentru diferite variante constructive de tuburi termice.

În sfîrșit, ultimul capitol al lucrării — extrem de amplu și generos în informații utile —, este destinat aplicațiilor tubului termic. Gama aplicațiilor a ajuns să fie atît de diversă, încît aproape că nu există domeniu în tehnică sau industrie în care acesta să nu poate fi utilizat. Largul evantai al aplicațiilor sale acoperă întreg spectrul de temperaturi cuprins între nivelul heliului lichid și cel al argintului lichid. Fără a avea posibilitatea unei prezentări exhaustive a domeniului de aplicație — datorită spațiului editorial restrîns — autorul descrie aplicațiile de bază ale tuburilor termice, principalul scop urmărit fiind acela de a arăta largile posibilități de utilizare și remarcabilele performanțe ale noului dispozitiv de transfer al căldurii. Astfel, în domeniul conversiei și conservării energiei sînt exemplificate schimbătoare de căldură cu tuburi termice, utilizate în special ca recuperatoare de căldură — acestea contribuind atît la realizarea de economii importante de combustibil cît și la reducerea poluării mediului înconjurător, fie în sectorul industrial sau casnic-rezidențial, fie în sectoare mai puțin obișnuite, cum ar fi cazul convertizoarelor termoionice cu tuburi termice folosite în tehnica aerospațială sau nucleară, conversia energiei solare cu ajutorul captatoarelor solare plane cu tuburi termice etc. Un alt domeniu în care tuburile termice și-au găsit o largă aplicație este cel al cuptoarelor izoterme, întrucît elimină o serie dintre dezavantajele cuptoarelor clasice legate de masivitate, inerție termică, consum ridicat de energie, automatizare complexă etc. Răcirea componentelor electronice de putere — una dintre primele aplicații comerciale ale tuburilor termice — tinde să se generalizeze datorită performanțelor superioare ale acestei noi metode, precum și reducerii costului total al echipamentelor. Exemplele pot continua cu aplicații destinate prevenirii formării poleiului și dezghețării căilor de rulare (șosele, poduri, piste de aterizare) și a magistralelor petroliere ce funcționează în regiunile polare (cum este cazul conductei Trans-Alaska).

Industria construcțiilor de mașini a adoptat de asemenea această nouă tehnologie pentru izotermalizarea și răcirea formelor de turnare, răcirea cuțitelor de strung, răcirea axelor mașinilor electrice rotative și pentru numeroase alte aplicații la sistemele constructive ale automobilelor etc.

Ca orice domeniu în care, prin contribuția inteligenței omenești, se manifestă o continuă dezvoltare, tuburile termice convenționale își găsesc continuitatea firească cu cele avînd conductanța variabilă, domeniul de aplicații al acestora apărînd ca fiind chiar mai larg decît cel prezentat mai sus.

Întrucît tubul termic este considerat ca fiind, după laser, a doua mare descoperire a tehnicii actuale — lucrarea are meritul de a atrage atenția specialiștilor asupra imensului potențial al aplicațiilor inginerești ale acestei soluții tehnologice, în speranța că interesul și inventivitatea cititorilor vor contribui nu unmai la realizarea unora dintre instalațiile și dispozitivele exemplificate, ci și la îmbogățirea domeniului cu noi și interesante aplicații.

Ing. **Marius M. Dăneilă**

Din sumarul revistelor*)

Kuruganty, P.R.S. și Billinton, R. *Modelarea sistemului de protecție în cazul evaluării probabilistice a stabilității tranzitorii* (Protection system modelling in a probabilistic assessment of transient stability). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Grondin, R. *Metodă pentru reglarea tensiunii cu ajutorul calculatorului la stațiile de distribuție* (Computer-dedicated voltage regulation method for distribution substations). IEEE Trans. App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Hughes, A., Jee, G. și Shoults, R. R. *Planificarea circulației de putere reactivă* (Optimal reactive power planning). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Waight, J. G., Farrokh Albuyeh și Anjan Bose. *Programarea generării energiei și a marginii de siguranță* (rezervei de putere) *folosind programarea dinamică și liniară* (Schedulling of generation and reserve margin using dynamic and linear programming). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Kaplan, M. și Braunstein, A. *Contribuție la determinarea amplasării optime a stațiilor electrice* (Contribution to the determination of the optimum site for substations). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Krishnasamy, S. G., Ford, G. L. și Orde, C. I. *Determinarea performanței structurale a liniilor de transport al energiei în cazul înlocuirii conductoarelor pentru o putere mai mare* (Predicting the structural performance of transmission lines uprated by reconductoring). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Zaborszky, J., Keh-Wen Whang și Krishna Prasad. *Buclele de stabilizare automată a reglajului în cazuri de avarii*. Partea I. *Punctul de echilibru și determinarea de stare*. Partea a II-a. *Controlul prin bucla locală de reacție inversă* (Stabilizing control in emergencies. Part 1. Equilibrium point and state determination. Part 2. Control by local feedback). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

* * * *Probleme ale protecției la f.t.* (EHV protection problems). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Chapuran, F. J. și Juett, D. J. *Acumulare cu pompare folosind grupuri cu axa înclinată la barajul Truman* (Pumped storage using inclined-axis units at Truman Dam). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Termuehlen, H. și Gartner, G. *Răspunsul la încărcare al turbinelor rapide din centralele pe combustibili fosili* (Sustained fast turbine-generator load response in fossil-fueled powerplants). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Crane, G. K. *Centralele geotermale – un program activ* (Geothermal power generation – an agressive utility program). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Reid, R., Scaturro, A. J. și Wilkes, R. B. *Experiența în exploatarea stației de 345 kV capsulată în SF_6 a Companiei „Consolidated Edison"* (Experience with field testing of Consolidated Edison 49th Street 345 kV gas insulated substation). IEEE Trans. on Power App. and Syst., vol. PAS–100, nr. 5, mai 1981.

Bouquigny, J. *Securitatea persoanelor în exploatarea de înaltă și medie tensiune* (La sécurité des personnes en exploitation haute et moyenne tension). SRBE–KBVE, vol. 98, nr.1,1982.

Da Deppo, L. și Grego, G. *Îmbătrînirea unui mare canal hidroelectric. Canalul de deviație Biffi (bazinul Adigelui) de-a lungul a 30 de ani de funcționare* (Invecchiamento di un grande canale idoelectrico. Il canale de derivazione Biffi (Bacino dell'Adige) in trenta anni di esercizio). L'Energia Elettrica, nr. 4, 1982.

Von Hofschneider, H. *Comportamentul prizelor de pămînt de fundație sub sarcină electrică* (Das Verhalten von Fundamenterdern bei Strombelastung). ÖZE, nr. 4, 1982.

Von Aigner, W. *Linii aeriene izolate – varianta favorabilă de construire a rețelelor de linii aeriene de joasă tensiune* (Isolierte Freileitungen, eine vorteilhafte Netzbauvariante für Niederspannungsfreileitungen). ÖZE, nr. 4, 1982.

Leidenfrost, W. și Korenic, B. *Verificarea experimentală a unei metode de calcul pentru determinarea capacității condensatoarelor răcite prin evaporare* (Experimentelle Überprüfung einer Rechnungsmethode für die Leistungsvoraussage vendunstungsgekühlter Kondensatoren). BWK, nr. 1, 1982.

Mundo, K. J. *Procedee de gazeificare pentru cantități mari de hidrogen* (Gaserzeugungsverfahren für grosse Wasserstoffmengen). BWK, nr. 1, 1982.

Knoche, K. F., Tsatsaronis, G. și Löhrer, F. *Analiza termodinamică a unui proces ADAM/EVA pentru producerea energiei* (Thermodynamische Analyse eines ADAM/EVA – Prozesses zur Stromerzeugung). BWK, nr. 1, 1982.

Kappel, J., Schnitzer, H. și Moser, F. *Concepția și optimizarea pompelor de căldură cu absorbție cu ajutorul calculatorului electronic* (EDV–gestützte Auslegung und Optimierung von Absorbtionswärmepumpen). BWK, nr. 1, 1982.

Auer, F. *Încălzirea cu ajutorul vîntului* (Heizen mit Wind). BWK, nr. 1, 1982.

Solbach, W. *Posibilități și limitări ale desprăfuirii cu ciclon, în special la temperaturi și presiuni înalte ale gazelor* (Möglichkeiten und Grenzen-Entstaubung insbesondere bei hohen Gastemperaturen und Drücken). BWK, nr. 5, 1982.

Hempel, Chr. și Jakisch, R. R. *Importanța huilei și a altor combustibili solizi pentru acoperirea necesarului de energie* (Bedeutung der Steinkohle und anderer Festbrennstoffe für die Versorgung der Energiewirtschaft). BWK, nr. 5, 1982.

Halliday, P. *Incidentul de la Three Mile Island. Atitudinea țărilor de peste ocean* (The Three Mile Incident – Reactions from Overseas). The Nuclear Engineer, nr. 2, 1982.

Belles, F. E. *Cuptoare, cazane și aparate cu gaz cu randament ridicat* (High efficiency furnaces, boilers, and appliances). Gas Wärme International, nr. 4, 1982.

Willwert, S. *Dispozitiv de măsură pentru culegerea datelor termodinamice ale unui sistem de alimentare cu energie integrat cu motor cu ardere internă care echipează un imobil administrat* (Instrumentation for collecting thermodynamic data of an IC engine-powerd energy supply system in an office building). Gas Wärme International, nr. 4, 1982.

Steinborn, G. *Recuperarea căldurii gazelor și lichidelor în diferite domenii de temperatură* (Heart recovery from gas and liquid in different temperature ranges). Gas Warme International, nr. 4, 1982.

Apelt, J. și Bosse, K. –O. *Procedee pentru recuperarea căldurii la cuptoarele pentru laminoare cu utilizarea optimă a potențialului energetic al gazelor emanate* (Recovery of heat from rolling mill reheating furnaces with optimum utilization of the waste gas heat content). Gas Wärme International, nr. 4, 1982.

Seehausen, J. *Fiabilitatea, randamentul și economicitatea recuperatoarelor industriale* (Realiability, efficiency, and economics of recuperators in industrial applications). Gas Wärme International, nr. 4, 1982.

Cernoch, S. F. *Determinarea principalilor parametri ai unui cuptor de încălzire funcționînd șarjă după șarjă* (Determining the major parameters of gas-fired batch reheating furnaces single-stage process). Gas Wärme International, nr. 4, 1982.

Chojnacki, D., Kozma, J. și Verhoff, S. *Îmbunătățirea randamentului cuptoarelor industriale* (Efficiency improvement in industrial furnaces). Gaz Wärme International, nr. 4, 1982.

*) Rubrică întocmită de Oficiul de informare documentară pentru energetică

CIRE-UARMT-CIMPINA

STR.FLAMUREI NR.26 - JUD.PRAHOVA

Execută şi livrează :

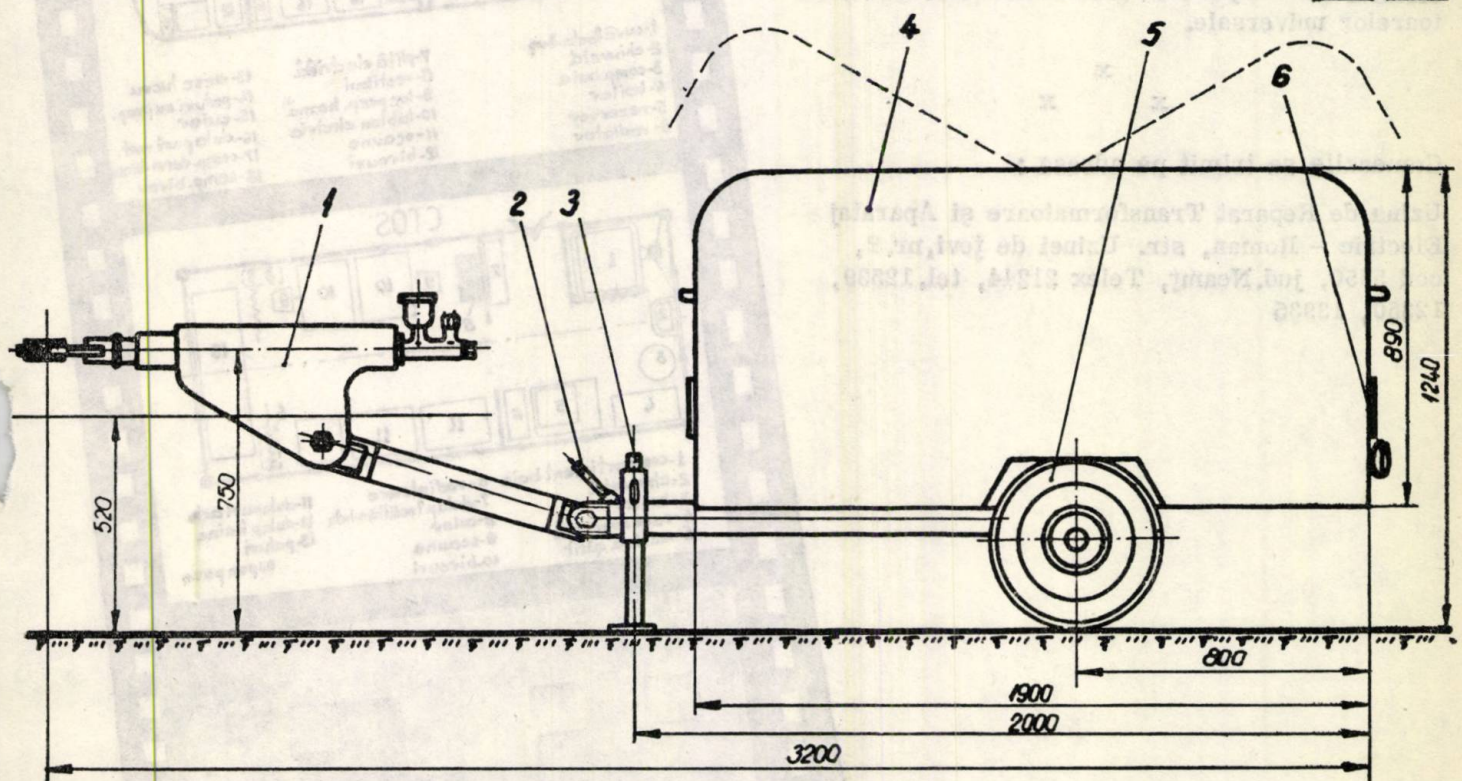
REMORCA DE SCULE TRACTATA DE AUTOVEHICULE TV PENTRU ACTIVITATEA LEA SI LES

Domeniul de utilizare :

Remorca este destinată echipelor de electricieni din activitatea de exploatare LEA şi LES, pentru transportul de scule, dispozitive şi materiale, putînd fi tractată şi de autovehiculele tip TV şi ARO.

Caracteristici tehnice principale

- dimensiuni de gabarit :
  - . lungime (mm) 3200
  - . lăţime (mm) 1675
  - . înălţime (mm) 1240
- dimensiuni interioare remorcă :
  - . lungime (mm) 1900
  - . lăţime (mm) 1675
  - . înălţime (mm) 880
- ecartament (mm) 1425
- garda la sol (mm) 235
- raza minimă de viraj (m) 2,500
- înălţimea ochiului de prindere (max. -minim) (mm) 750-520
- înălţimea minimă a golului capetelor (mm) 750
- masă proprie (kg) 340
- masă totală (kg) 700
- încărcături utilă (kg) 360
- tipul anvelopelor : 155 SR 13 STAS 9090-71
- numărul roţilor 2
- timpul de menţinere pe pante 16 % cu frîna de mînă strînsă cu forţa max. 60 daN, cu reazemul coborît (minute) : minimum 5
- viteza maximă (km/oră) 60
- numărul uşilor de acces (capotă) 2
- preţ de vînzare (lei) 22.500



1-proţap ; 2-frînă staţionare ; 3-reazem ; 4-cutie ; 5-cale rulare ; 6-instalaţie electrică

CIRE-URTAE-ROMAN

UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

Execută :

- Remorci vestiar şi sală de mese tip RBVM-1, căsuţă transcontainer-vestiar şi sală de mese tip CTVM-1, destinate preparării şi servicii meselor calde pentru personalul muncitor, care lucrează temporar în locuri şi pe trasee izolate de aşezările omeneşti.
- Remorci pentru organizarea de şantier tip RBOS-1 şi căsuţe transcontainer pentru organizare de şantier tip CTOS-1, concepute ca sediu mobil înzestrat cu confort pentru desfăşurarea activităţilor de birou cît şi pentru odihna personalului de conducere a punctului de lucru, în cazul unor lucrări în locuri şi pe trasee izolate.

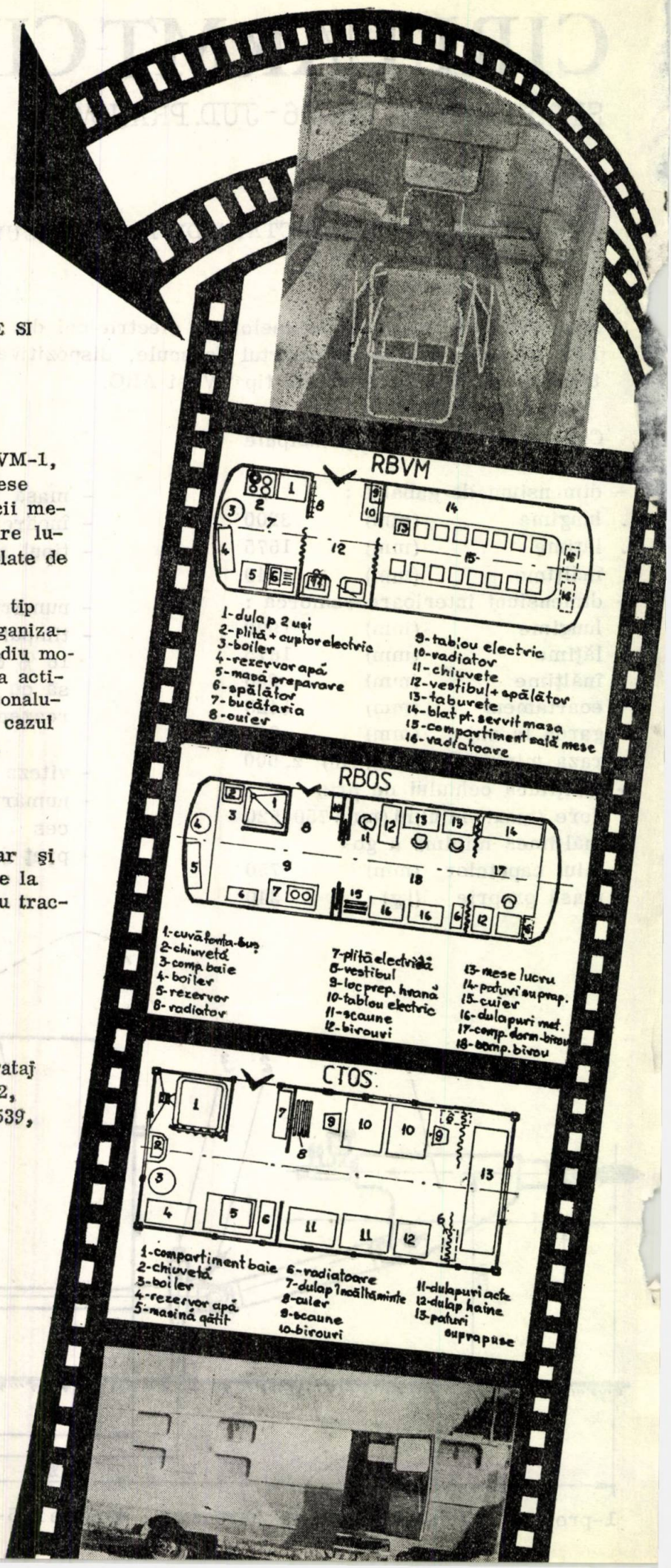
x
x x

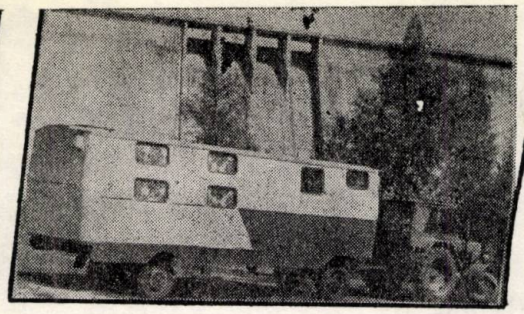
Remorcile şi căsuţele transcontainer vestiar şi sală de mese sînt deplasabile prin cuplare la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x
x x

Comenzile se trimit pe adresa :

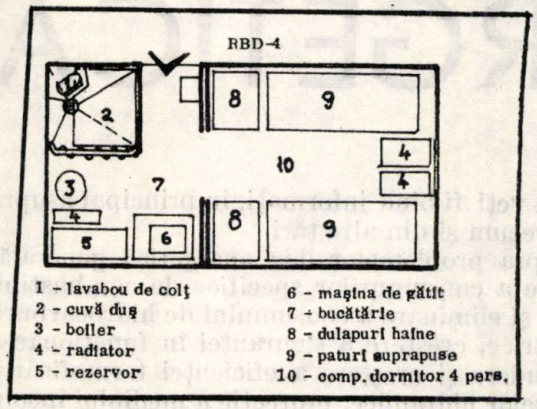
Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi, nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ, Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935

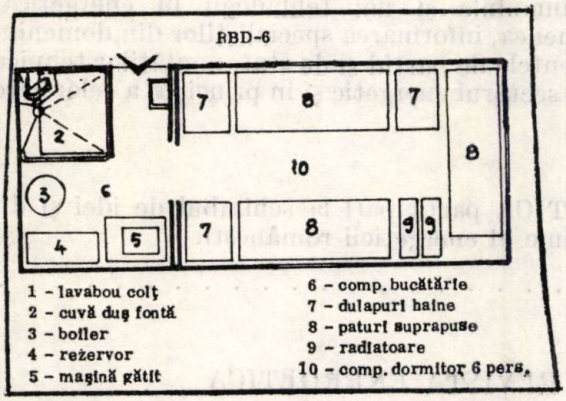


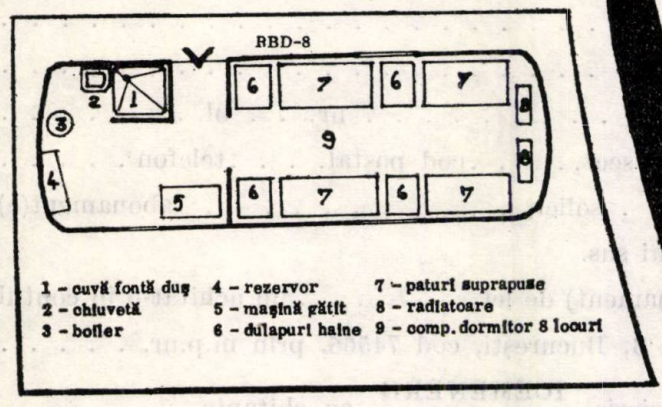


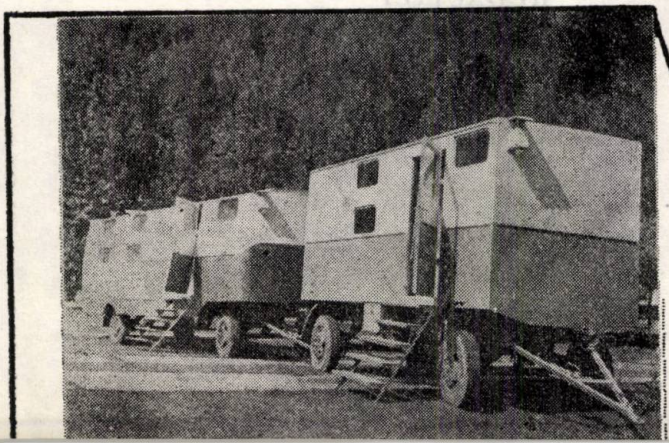
CIRE-URTAE-ROMAN

UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN









Execută :

Remorci dormitor tip RBD-4, RBD-6 şi RBD-8, precum şi căsuţe transcontainer dormitor tip CTD-6, care au cîte 4, 6, 8 şi respectiv 6 locuri. Remorcile şi căsuţele dormitor sînt destinate cazării în condiţii de confort sporit a echipelor de muncitori angrenaţi în lucrări temporare pe şantiere sau puncte de lucru izolate de aşezări omeneşti.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt prevăzute cu instalaţii de încălzire a compartimentelor locuibile, instalaţii de alimentare cu apă potabilă, cu instalaţii de încălzire a apei potabile în scopuri sanitare, cu instalaţii de ventilaţie naturală, cu instalaţii de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V. Remorcile şi căsuţele dormitor sînt dotate cu paturi suprapuse, cu dulapuri metalice, cu mese şi scaune pliante, sobă electrică de gătit etc.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt deplasabile prin cuplarea la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935

Abonați-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veți fi bine informați, în principal asupra activității din domeniul energetic din țara noastră precum și din alte țări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice, reducere și eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în rețelele electrice, creștere a siguranței în funcționarea sistemului energetic și a elementelor acestuia, extindere și creștere a eficienței termoficării, creștere a productivității muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecție a mediului înconjurător și a instalațiilor energetice, surse noi, reînnoibile și noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmărește, de asemenea, informarea specialiștilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid și de stat, noutăților tehnice din țară și din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic și în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii românești.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din localitatea. . . . . str.. . . . . nr. . . bl. . . . . .

sc. . . . . .et. . . . . ap. . . . . sect. . . . .cod poștal. . . .telefon . . . . .

. . . . . județul . . . . . solicit . . . . . abonament(e)

care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei. . . . . .am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, București, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . .

din. . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACȚIEI cu chitanța . . . . . .

nr. . . . . din. . . . . .

Data. . . . . .

Semnătura

. . . . . .

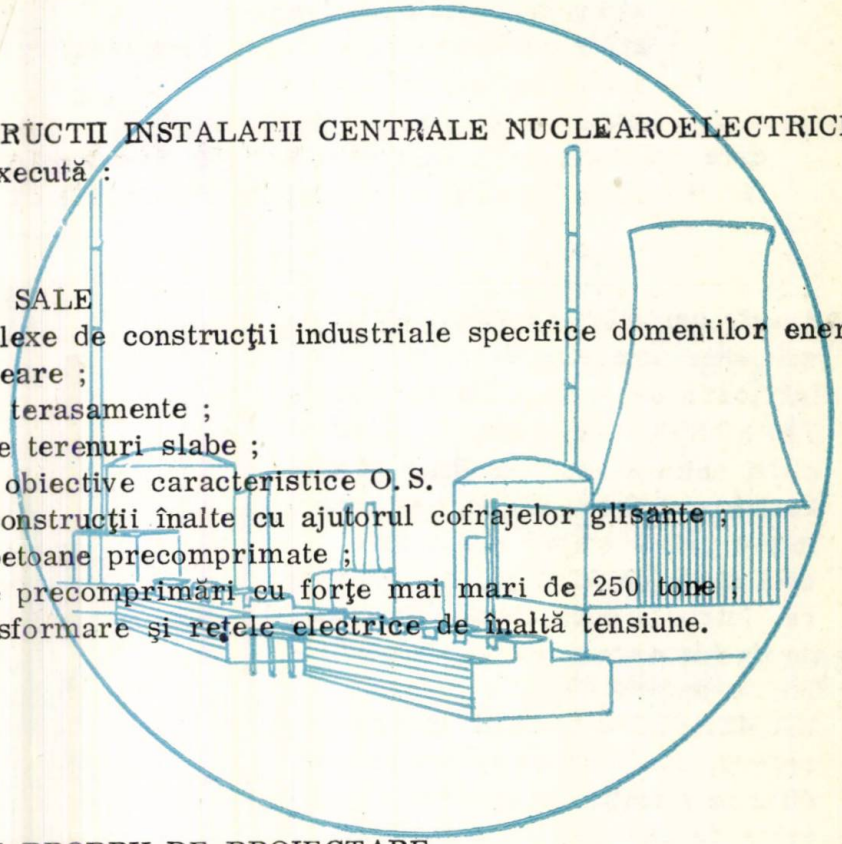
TCI•CNE CERNAVODA

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII INSTALAŢII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE

● Str. Atomiştilor 1 ● Jud. Constanţa ● Telefon: 912/38150 ● Telex: 1 45 32 T.C.I.C.N. ●

TRUSTUL DE CONSTRUCTII INSTALATII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE
Realizează şi execută :



PRIN SANTIERELE SALE

- Lucrări complexe de construcţii industriale specifice domeniilor energetice şi nucleare ;
- Amenajări de terasamente ;
- Consolidări de terenuri slabe ;
- Amenajări şi obiective caracteristice O. S.
- Execuţia de construcţii înalte cu ajutorul cofrajelor glisante ;
- Execuţia de betoane precomprimate ;
- Realizarea de precomprimări cu forţe mai mari de 250 tone ;
- Staţii de transformare şi reţele electrice de înaltă tensiune.

PRIN ATELIERELE PROPRII DE PROIECTARE

- Documentaţii tehnice şi economice de specialitate ;
- Tehnologii de execuţie pentru lucrări de construcţii de mare complexitate ;
- Tehnologii de execuţie şi montaje de instalaţii pentru glisări şi precomprimări ;
- Proiecte de automatizare a bazelor de producţie ;
- Programe şi proceduri de asigurare a calităţii lucrărilor.

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

1983 AUG 4

NOU! ECONOMIC! EFICIENT!

POMPE DE CALDURA

POMPA DE CALDURA - MIJLOC EFICIENT DE VALORIFICARE A CALDURII DESEU

Cercetările efectuate de Secţia de energetică generală, industrială şi surse noi (SEGIS) din cadrul ICEMENERG-Bucureşti, în colaborare cu ICPIAF Cluj-Napoca, au stabilit că energia deşeu de potenţial termic scăzut (circa 30-40°C) existentă în :

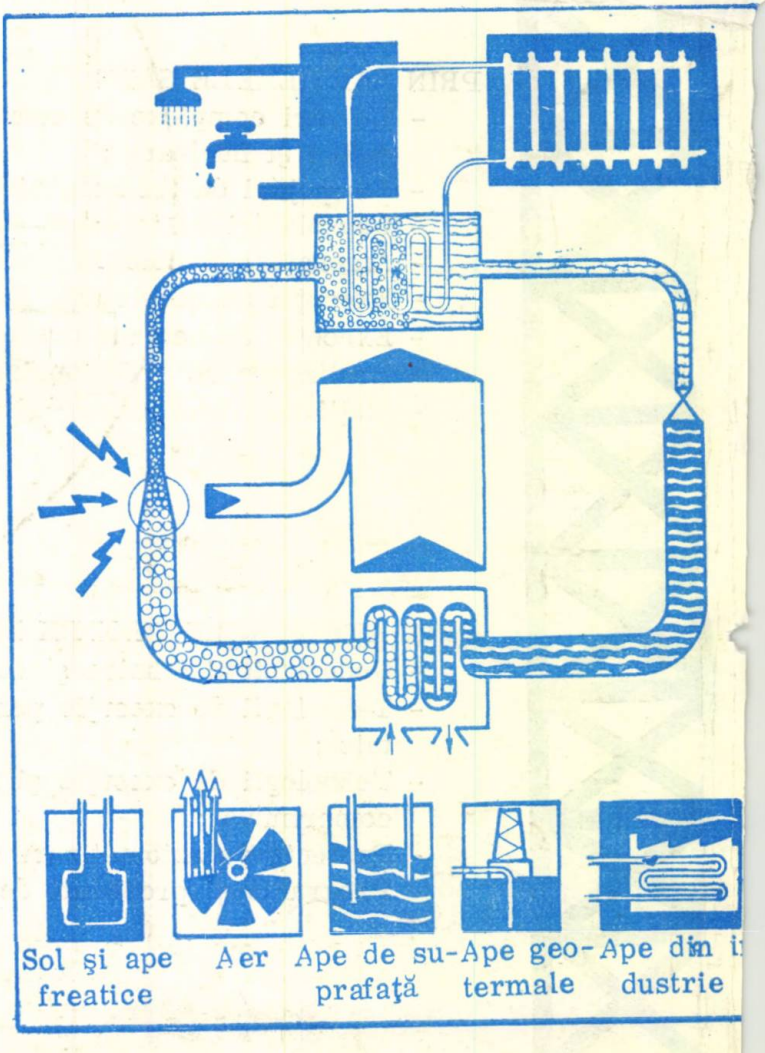
- apele industriale de răcire ;
- apele calde rezultate din procese tehnologice ;
- apele geotermale uzate ;
- aerul viciat evacuat din încăperi ;

care practic actualmente este evacuată în atmosferă, poate fi recuperată şi refolosită, în condiţii avantajoase, graţie pompelor de căldură.

Aceste cercetări se valorifică prin aplicarea pompelor de căldură din fabricaţia de serie a Intreprinderii TEHNOFRIG Cluj-Napoca, cu capacităţi unitare cuprinse între 31 500 kcal/h şi 630 000 kcal/h destinate, într-o primă etapă, preparării apei calde de 55°C şi, în continuare, într-o a doua etapă - în curs de desfăşurare - încălzirii clădirilor cu apă de 80°C.

ICEMENERG-Bucureşti execută la cerere, studii şi cercetări pentru diferite situaţii de aplicare a pompelor de căldură, care pot trata următoarele :

- stabilirea soluţiilor şi schemelor funcţionale ;
- determinarea efectelor energetice şi economice realizabile în soluţia cu pompe de căldură ;
- alegerea echipamentelor necesare;
- indicarea regimurilor optime de funcţionare.



-2055
Energetica (Victor)
CRAIOVA

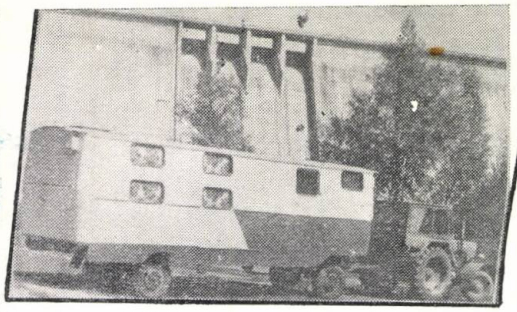
MW

12

VOLUMUL XXX
BUCUREȘTI
DECEMBRIE 1982

energetica

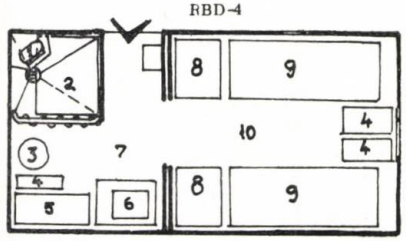
0 6 12 18 24



CIRE-URTAE-ROMAN

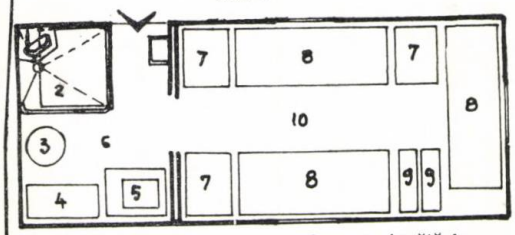
UZINA DE REPARAT TRANSFORMATOARE SI APARATAJ ELECTRIC - ROMAN

RBD-4



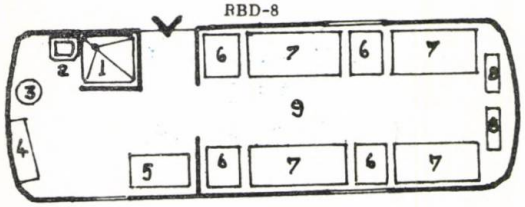
1 - lavabou de colţ
2 - cuvă duş
3 - boiler
4 - radiator
5 - rezervor
6 - maşina de gătit
7 - bucătărie
8 - dulapuri haine
9 - paturi suprapuse
10 - comp. dormitor 4 pers.

RBD-6



1 - lavabou colţ
2 - cuvă duş fontă
3 - boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - comp. bucătărie
7 - dulapuri haine
8 - paturi suprapuse
9 - radiatoare
10 - comp. dormitor 6 pers.

RBD-8



1 - cuvă fontă duş
2 - chiuvetă
3 - boiler
4 - rezervor
5 - maşină gătit
6 - dulapuri haine
7 - paturi suprapuse
8 - radiatoare
9 - comp. dormitor 8 locuri

Execută :

Remorci dormitor tip RBD-4, RBD-6 şi RBD-8, precum şi căsuţe transcontainer dormitor tip CTD-6, care au cîte 4, 6, 8 şi respectiv 6 locuri Remorcile şi căsuţele dormitor sînt destinate cazării în condiţii de confort sporit a echipelor de muncitori angrenaţi în lucrări temporare pe şantiere sau puncte de lucru izolate de aşezări omeneşti.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt prevăzute cu instalaţii de încălzire a compartimentelor locuibile, instalaţii de alimentare cu apă potabilă, cu instalaţii de încălzire a apei potabile în scopuri sanitare, cu instalaţii de ventilaţie naturală, cu instalaţii de iluminat la 12 V şi de forţă la 220 V. Remorcile şi căsuţele dormitor sînt dotate cu paturi suprapuse, cu dulapuri metalice, cu mese şi scaune pliante, sobă electrică de gătit etc.

Remorcile şi căsuţele dormitor sînt deplasabile prin cuplarea la cîrligul de tracţiune al autocamioanelor sau tractoarelor universale.

x

x x

Comenzile se trimit pe adresa :

Uzina de Reparat Transformatoare şi Aparataj Electric - Roman, str. Uzinei de ţevi nr. 2, cod 5550, jud. Neamţ. Telex 21244, tel. 12539, 12350, 13935

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 30 **12** DECEMBRIE 1982

COLEGIUL DE REDACŢIE

Dr. ing. **Gh. Bălan** (redactor responsabil adjunct)
Ing. **P. Cartianu**
Ing. **M. M.Dăncilă**
Ing. **H. Furtunescu**
Ing. **N. Georgian**
Dr. ing. **Gh. Luca**
Dr. chim. **Marian Maftei**
Dr. ing. **G. Manolescu**
Ing. **B. Marcu**
Dr. ing. **A. Măcriş**
Ing. **I. Măiereanu** (redactor responsabil adjunct)
Dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil)
Prof. dc. doc. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **E. Pavel**
Dr. ing. **T. Popa**
Dr. ing. **C. I. Staicu** (secretar redacţie)

Revista „Energetica" este publicaţie lunară devotată preocupărilor spirituale şi realizărilor materiale în domeniul energeticii.

Redacţia şi administraţia
Bucureşti 74 568, Bd. Energeticienilor, nr. 8, sector 3.
Telefon 20 67 30 21 46 30

Cuprinsul

	Pag.
C. Mihăileanu **Centenarul electroenergeticii pe teritoriul României**	561
P. Cartianu **Începuturile folosirii electricităţii pe teritoriul României. Evoluţia spre electroenergetică**	562—566
C. Dinculescu **100 de ani de la realizarea primelor instalaţii industriale de producere, transport şi distribuţie de energie electrică în România**	567—569
Ionel I. Purica **La 50 de ani de la descoperirea neutronului şi 25 de ani de funcţionare a primului reactor nuclear din România**	569—570
ARTICOLE	
O. Georgescu şi *D. Tomescu* **Unele aspecte privind capacitatea de detecţie a erorilor de transmisie în cadrul codurilor polinomiale ciclice** (cu prezentare în limba engleză)	571—574
Iulia Forje şi *M. Mitroi* **Tubulatura cazanului. Fenomene pe partea de apă (abur) : coroziunea de cazan**	575—581
S. Cerchez **Experiment de spălare a depunerilor de aluviuni şi dificultăţi la prizele CHE de pe Olt la viitura din mai 1981**	582—586
DIN EXPERIENŢA DE EXPLOATARE	
O. Mustaţă, R. Sfichi, O. Lungu, V. Fedorciuc, D. Boşcoianu **Asupra citorva aspecte tehnico-economice privind proiectarea şi construcţia microhidrocentralelor în cadrul IRE Suceava**	587—593
INVENŢII—INOVAŢII	594—595
CRONICA	595—599
RECENZII	600
SUMARUL REVISTEI ENERGETICA PE ANUL 1982	601—603

Revista „Energetica" este editată cu concursul permanent dat de:

chim. **Eleonora Ataman**
dr. ing. **J. Constantinescu**
ec. **Ana Dobre**
ing. **T. Dragomir**
ing. **Angela Perea**
dr. ing. **M. Pomârleanu**
dr. ing. **Gh. Popa**
ing. **A. Roşu**
ing. **V. Rugină**
ing. **I. Turcu**

În revista „Energetica" se publică

Articole

Informaţii referitoare la: publicaţii recente (cărţi, reviste), noutăţi ştiinţifice şi tehnice, invenţii şi inovaţii, experienţă de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-ştiinţifice naţionale şi internaţionale (congrese, conferinţe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuţii la articolele publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuţiilor în jurul meselor rotunde.

Revista „Energetica" este editată şi administrată de Institutul de cercetări şi modernizări energetice — ICEMENERG.

M. David — şeful Oficiului de informare documentară pentru energetică

Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

Cititorii din străinătate se pot abona la: ILEXIM. Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex: 11226. Bucureşti, str. 30 Decembrie nr. 3.

Tiparul: Întreprinderea poligrafică „Informaţia", Bucureşti, str. Brezoianu 23—25 c. 2448

Taxele poştale achitate conf. aprobării D.G.P. Tc. nr. 137/6463/1982

41401

СОДЕРЖАНИЕ

К. Михэйляну
Столетняя годовщи на элекроэнергетики на территории Румынии 561

П. Картияну: **Начало использования электричества на территории Румынии. Развитие электроэнергетики** 562

К. Динкулеску
Столетняя годовщина сооружения первых промышленных установок для производства, передачи и распределения элдкроэнергии в Румынии 567

И.И. Пурика: **50 лет со дня открытия нейтрона и 25 лет работы первого ядерного реактора в Румынии.** 569

О. Джорджеску: **Некоторые точки зрения по вопросу способности детектирования ошибок передачи в овласти циклических многочленных кодов.** 571

Юлия Форже: **Трубы котла. Явление химической коррозии в водяной (паровой) части котла.** 575

С. Черкез: **Эксперимент по промывке осадка и вопрос затруднений, связанных с водозаборами** 582

О. Мустацэ, Р. Сфики, О. Лунгу, В. Федорчик, Д. Бошкояну: **Некоторые техно-экономические вопросы, связанные с проектированием и строительством микрогидроустановок в ИРЕ «СУЧЯВА».** 587

ИЗОБРЕТЕНИЯ 594—595

ХРОНИКА 595—599

РЕЦЕНЗИИ 600

КРАТКИЙ ОБЗОР ЖУРНАЛА ЭНЕРГЕТИКА НА 1982 601—603

INHALTSVERZEICHNIS

C. Mihăileanu
Das hundertjährige Jubiläum der Elektroenergiewirtschaft auf dem Gebiet Rumäniens 561

P. Cartianu : **Die Anfänge der Anwendung der Elektrizität auf dem Gebiete Rumäniens. Die Entwicklung zur Elektroenergiewirtschaft** 562

C. Dinculescu
100 Jahre seit der Ausführung der ersten industriellen Anlangen für die Erzeugung, die Uberführung und Verteilung der Elektroenergie in Rümänien 567

I. I. Purica : **50 Jahre seit der Erfindung des Neutrons und 25 Betriebsjahre des ersten Kernreaktors in Rumänien** 569

O. Georgescu : **Einige Aspekte der Detektionsmöglichkeit von Übertragungsfehlern in den zyklischen Polynomialcoden** 571

Iulia Forje : **Die Kesselrohre. Erscheinungen auf der Wasser- (Dampf-) Seite : die Kesselkorrosion** 575

S. Cerchez : **Ein Versuch zum Abwaschen der angeschwemmten Absätze und Schwierigkeiten bei den Entnahmen der Wasserkraftwerke auf dem Olt-Tal während der Überschwemmung von Mai 1981** 582

O. Mustață, R. Sfichi, O. Lungu, V. Fedorciuc, D. Boşcoianu : **Über einige technisch-wissenschaftliche Aspekte der Projektierung und des Baus von Kleinwasserkraftwerken im Rahmen des Netzbetriebs Suceava** 587

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 594—595

CHRONIK 595—599

REZENSIONEN 600

DAS INHALTSVERZEICHNIS DER ZEITSCHRIFT ENERGETICA FÜR DAS JAHR 1982 601—603

SOMMAIRE

C. Mihăileanu
Le centenaire de l'electroenergétique sur le territoire de la Roumaine 561

P. Cartianu : **Le dèbut de l'utilisation de l'électricité en Roumanie. L'évolution vers l'électroénergétique** 562

C. Dinculescu
100 ans depuis on a realiséles premieres installations industrielles pour la production, le transport et le distribution de énergie électrique en Roumanie 567

I. I. Purica : **A 50 ans dès la découverte du neutron et 25 de fonctionnement du premier réacteur nucléaire de la Roumanie** 569

O. Georgescu : **Quelques aspects concernant la capacité de détection des erreurs de transmission dans les codes polynômiales cycliques** 571

Iulia Forje : **Tubulature de la chaudière. Phénomènes sur la partie à l'eau (vapeur) : la corrosion de la chaudière** 575

S. Cerchez : **Expérience de lavage des dépôts des alluvions et les difficultés rencontreés aux prises CHE sur Olt au crue du mai 1981** 582

O. Mustață, R. Sfichi, O. Lungu, X. Fedorciuc, D. Boşcoianu : **Sur quelques aspects technico-économiques concernant la projection et la construction des microhydrocentrales appartenant à IRE Suceava** 587

INVENTIONS-INNOVATIONS 594—595

CHRONIQUE 595—599

COMPTES-RENDUS 600

LE SOMMAIRE DE LA REVUE ENERGETICA EN 1982 601—603

SUMMARIES

DC 620.9

C. Mthăileanu: **The Electroenergetics Centenary in Romania**

Energetica 30 (1982) nr. 12, p. 561

DC 621.3 : 621.311.1 (R)

P. Cartianu : **The Beginnings of the Use of Electricity in Romania. The Evolution Towards Electroenergetics**

Energetica 30 (1982), nr. 12, p. 562–567

DC 621.3.016.44 :321.3.05

C. Dinculescu: **100 Years from the Implementation of the Forst Industrial set up for the Production, Transmision Distribution of the electric Energy in Romania**

Energetica 30 (1982) nr. 12, p. 567–569

DC 539.185 :621.039.42 (R)

I. I. Purica: **50 Years Since the Discovery of the Neutron and 25 Years of Operation of the First Reactor in Romania**

Energetica 30 (1982), nr. 12, p. 569–570

DC 620.9 : 681.32

O. Georgescu : **Some Aspects Regarding Transmission Errors Detection Capacity Within Cyclic Polynomial Codes**

The paper contains an analysis of the transmission errors detection capacity by the polynomial codes method, for the particular case of the generator polynom $x^8 + x^5 + x + 1$. On the supposition of a uniform distribution of all error cases, the errors identification percentage is determined by a mathematical model. The results are addressed directly to the computer control systems designers in energy.

Energetica 30 (1982) nr. 12, p. 571–574

DC 621.311.18 : 620.193

Iulia Eorje : **The Boiler Tubes. Phenomena on the Water (Steam) Side : Boiler Corrosion**

The paper presents a short worldwide history of the knowledge and registration of the tension corrosion phenomenon. This Phenomenon occuring inside boiler tubes and oftenly called „boiler corrosion" is defined theoretically and practically (by its manifestation).

The phenomenon is referred to and its registration is given on the example of the boilers piping of 420 t/h and more belonging to the Ministry of Electrical Energy.

Energetica 30 (1982) nr. 12, p. 575–581

DC 621.311.21

S. Cerchez : **Alluvions Washing Experiment and Other Difficulties at the Hydropower Plants Intakes on the Olt River During the May 1981 Floodings**

An experiment for washing away alluvions for a storage lake on the Olt river during a 1500 m^3/s flood and the energetic and economic aspects of this operation are presented.

The difficulties of fighting the effects of river alluvions during flooding periods are referred to and the components of te relation errosion-deposits-energetic effects are appreciated.

Energetica 30 (1982), nr. 12, p. 582–586

DC 621.311.21 : 621.316.1

O. Mustață, R. Shichi, O. Lungu, X. Fedorciuc and D. Boșcoianu : **Upon Some Technical and Economic Aspects Regarding the Design and Building of Microhydropower Plants with the Electrical Networks Enterprise Suceava**

Energetca 30 (1982), nr. 12, p. 587–593

INVENTIONS-INNOVATIONS 594–595

CHRONICS 595–599

REVIEWS 600

THE CONTENTS OF THE ENERGETICA REVIEW IN 1982 601–603

Centenarul electroenergeticii pe teritoriul României

Anul 1982 este marcat prin mai multe centenare privind dezvoltarea culturală a țării noastre, precum și prin cîteva referitoare la dezvoltarea tehnică; între acestea din urmă este și al electroenergeticii (concomitent cu împlinirea a 125 de ani de industrie petrolieră).

Evenimentul este important atît deoarece energia electrică are un rol hotărîtor în progresul societății umane, cît și pentru că a fost introdusă la noi practic concomitent cu introducerea în țările dezvoltate ale acelei epoci.

Ca orice început, și cel al electroenergeticii s-a izbit de ezitări și felurite greutăți, astfel cum s-a întîmplat și recent cu o nouă tehnologie energetică, cea nucleară.

Oamenii, care în urmă cu o sută de ani le-au învins, au un mare merit, dar dintre ei puțini au rămas în amintire. Deși aveau cunoștințe tehnice restrînse, ei au dovedit capacitate de sesizare a noului cu perspectivă și putere de judecată, alegînd soluții satisfăcătoare, promotoare de dezvoltare.

Astfel, acum un secol țara noastră intra în epoca electroenergeticii.

Dar cu tot începutul promițător și cu toate avantajele pe care le dovedea energia electrică față de alte forme de energie, dezvoltarea ulterioară nu a putut ține pasul cu al țărilor înaintate. Această rămînere în urmă a fost remediată în epoca actuală de orînduire socialistă. Și astfel, în curs de un secol, cele cîteva zeci de kilowați inițiali s-au înmulțit de peste o sută de mii de ori, ceea ce a permis ca de la o folosință de lux a electricității să se ajungă la una de masă.

Față de o asemenea evoluție și față de importanța pe care în general o prezintă istoria științei și tehnicii, este necesar ca și trecutul electroenergeticii să fie actualizat și interpretat. Dar în acest scop trebuie în primul rînd să fie cunoscut cît mai riguros și mai complet.

Condițiile în care a fost adoptată energia electrică la noi au stîrnit interesul unor cercetători, care au scos la iveală unele documente ale epocii; cei mai pasionați de această activitate au fost profesorii Dimitrie Leonida, Cornel Miklosi și Ion Ștefănescu Radu.

În anii din urmă cunoștințele noastre au fost extinse și precizate prin documente seculare, descoperite în număr mult mai mare decît cele date la iveală de mai sus-menționații precursori.

Spre a se continua îmbogățirea și conservarea inventarului informațional susținem ideea constituirii unui fond documentar*) (așa cum există în alte domenii) compus din piese originare asupra folosirii electricității pe teritoriul României în secolul XIX.

În felul acesta vom avea și autoritatea de-a valorifica priorități față de alte țări.

De asemenea, considerăm oportun să se continue editarea unor lucrări cu caracter istoric, privind dezvoltarea electroenergeticii în România, așa cum au apărut și în alte domenii științifice și tehnice, în care să se prezinte nu numai situația din țara noastră, ci și o paralelă cu situația din alte țări ale lumii.

În felul acesta se va preciza trama evenimentelor inițiale, care în prezent este prezentată diferit de la o ocazie la alta, și se va putea cunoaște riguros sincronismul nostru cu al altor țări.

În scopurile de mai sus facem apel la cei care dețin sau descoperă acte originale asupra începuturilor electricității să ni le facă cunoscute.

Cele două inițiative se încadrează în preocupările permanente ale Conducerii de Partid și de Stat de-a releva și pune în valoare realizările și prioritățile românești și care și-au găsit exprimarea internațională în manifestarea prestigioasă a celui de al XVI-lea Congres Internațional de Istorie a Științei ținut la București în 1981.

★

În cele ce urmează publicăm contribuția valoroasă a doi autori, personalități consacrate în opera de cercetare și consemnare a istoriei începuturilor electroenergeticii în România.

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
— redactor responsabil —

*) Un CODEX al ELECTRICITĂȚII a fost propus în ședința Academiei RSR, secția de științe tehnice, din 24 iunie 1982, de inginerul Paul Cartianu, care, lărgind cercetările, este și descoperitorul unui număr impresionant de documente originale.

Începuturile folosirii electricității pe teritoriul României
Evoluția spre electroenergetică

Ing. Paul Cartianu *)

Contextul mondial

După multe experimentări tehnice, cu variate feluri de mașini electrice și de receptoare electrice pentru utilizare, concomitent cu cercetări științifice, unele cu rezultate remarcabile, desfășurate în cîteva țări, începînd cu secolul al XIX-lea, se ajunsese în cursul anilor 70 la un nivel de dezvoltare care permitea afirmarea practică a electrotehnicii în electroenergetică. În telecomunicații folosirea electricității se statornicise încă din deceniul al cincilea.

În aceste condiții, în cursul anilor 70 s-au executat primele instalații experimentale de alimentări locale cu energie electrică, cu rezultatele favorabile. Ele au dat un nou impuls electrotehnicii, astfel încît la sfîrșitul acelui deceniu se putea dispune atît de generatoare, cît și de lămpi electrice cu incandescență, folosibile curent, adică avînd calitate, fiabilitate și siguranță admisibile și costuri accesibile.

Ca urmare, la începutul celui de-al nouălea deceniu se pun în funcțiune primele centrale și rețele electrice pentru distribuție publică zonală, cu caracter demonstrativ. Cu ele s-a dat startul electrificării în mai multe țări ale lumii.

Credibilitatea pentru noua tehnică a dat-o îndeosebi realizarea centralei și a rețelei executate la New-York, pusă în funcțiune în luna septembrie 1882, de către Thomas Alva Edison. Generatoarele erau de curent continuu și funcționau la tensiune joasă, de 110 V, iar lămpile cu incandescență, de tipul realizat în 1879 de către Edison, erau conectate în derivație.

La acea epocă, și chiar devansînd pe Edison cu cîțiva ani, Charles Francis Brush era promotorul sistemului producerii în curent continuu constant, cu receptoare legate în serie.

Ambele sisteme se introduc atît în America, cît și în Europa, dar în curînd sistemul Edison se va impune. (În Europa se afirmă îndeosebi prin centralele mari de la Milano și Berlin).

De aceea evenimentul din septembrie 1882 poate fi socotit ca reper al începutului electrificării în lume.

În afara celor doi întreprinzători apar alții care inovează și se organizează pentru a produce echipament electrotehnic și a instala centrale electrice; în Europa unele întreprinderi înființate în secolul trecut își continuă activitatea și în prezent, ca: Siemens, Ganz etc.

Este surprinzător însă faptul că noua tehnică a producerii și distribuirii energiei electrice, s-a dezvoltat tîrziu în unele țări înaintate la acea epocă, după cum surprinzătoare este apariția timpurie pe teritoriul României. În parte, aceste fenomene se explică prin concurența care o făceau electricității gazele din cărbuni, produse în uzine locale, răspîndite în toate localitățile mai importante ale țărilor dezvoltate. Un alt concurent l-a constituit petrolul lampant, care era preferat electricității în locuințele cu venituri modeste.

Primele contacte în România cu tehnica electricității

Pe teritoriul României interesul public pentru introducerea electricității a fost stîrnit prin informații venite pe diferite căi, prin exhibiții pseudotehnice ocazionale, ca aceea de la Iași, duminică 28 ianuarie 1873, cînd s-a realizat „o iluminațiune brilantă" cu un „soare electric", dar și prin articole științifice, ca de exemplu cele înserate în „Revista științifică pentru vulgarizarea sciintelor naturale și fisice", sau prin conferințe publice. Înșiși membrii Academiei Române sînt informați de stadiul și perspectivele electrotehnicii de către profesorul de fizică Emanuel Bacaloglu în ședința din 13 martie 1881. Această expunere și altele dovedesc cunoștințele temeinice ale autorului. Profesorul Bacaloglu a fost însă și un realizator, punînd în funcțiune la Universitatea din București, în scop didactic, o mică centrală termoelectrică, prima instalație de acest fel în România. Activitatea desfășurată îl consacră pe Emanuel Bacaloglu ca primul electrician român.

Perioada experimentărilor: 1880—1883

Instalațiile electrice experimentale pentru alimentare locală cu energie electrică s-au executat și au fost puse în funcțiune pe teritoriul României începînd din 1880. Pînă în 1883 sînt identificate documentar 14 astfel de instalații, alimentate de la zece surse electrogene, și alte

* Autorul lucrează la ISPE.

cîteva incerte. Ele au fost variate : unele temporare, altele permanente, instalate în interior sau în exterior, în industrie, mine, localuri comerciale, instituţii şi într-o locuinţă, alimentînd lămpi cu arc sau lămpi cu incandescenţă.

Realizarea lor s-a datorat unor întreprinderi care începuseră să activeze în electrotehnică : Ganz din Budapesta, The Anglo-Austrian Brush Electrical Company Limited din Viena, Siemens etc.

Primele instalaţii experimentale : 1880/1881

Cea dintîi instalaţie a fost pusă în funcţiune în 1880/81 la Reşiţa, la Uzina de laminoare, pentru a alimenta 28 de lămpi cu arc. Această uzină se dezvoltase mult datorită unor noi echipamente şi ajunsese încă din 1855 să producă anual aproape 900 t de laminate, ceea ce explică faptul că, în vederea creşterii randamentului activităţii, s-a adoptat un luminat mai bun, cel electric.

Dar folosirea lămpilor cu arc, singurele atunci experimentate de mai mult timp, avea dezavantajul unei luminări intense concentrate, deci supărătoare. De aceea electrotehnicienii erau preocupaţi de problema numită atunci, „a divizării luminii" ceea ce s-a realizat prin lămpile cu incandescenţă, a căror fabricaţie îi reuşise lui Edison în 1879 şi apoi lui Swan.

Folosirea energiei electrice la acţionări nu se punea. Motoarele termice cu abur, cu piston erau socotite satisfăcătoare şi abia în 1909/1910 s-a renunţat la ele, introducîndu-se acţionare electrică cu grupuri Ilgner, care corespund condiţiilor regimului de funcţionare al laminoarelor.

Instalaţia din 1880/81 este cea dintîi executată cu caracter comercial la o industrie de către întreprinderea Ganz, care începuse în 1878 fabricarea de generatoare de curent continuu (primul de 0,672 kW , 56 V, 12 A) şi lămpi cu arc.

Alte instalaţii, tot pentru alimentarea de lămpi cu arc, au fost puse în funcţiune în 1881 la Oradea şi la Salina Ocna Mureşului.

Instalaţia de la Universitatea Bucureşti, executată în 1881/1882 prin stăruinţa profesorului Bacaloglu, consta dintr-un motor primar, cu combustie internă pe gaz din cărbuni, fabricat de Langen Wolf — Viena, de 4 CP (2,6 kW), care putea acţiona trei generatoare electrice Siemens. Un set de lămpi cu incandescenţă Serrin, Siemens şi Swan, precum şi diferite aparate serveau pentru experimentări.

Experimentările demonstrative publice şi oficiale de la Bucureşti

În perioada 1880—1883 hotărîtoare sînt însă experimentările executate în Bucureşti, la sfîrşitul anului 1882 şi începutul anului 1883, deoarece ele aveau să demonstreze, oficial şi public, posibilităţile tehnicii electricităţii şi să deschidă calea realizărilor ulterioare, cu profil definitiv.

Acţiunea îşi are iniţiativa în contextul de atunci al ţării : independenţa dobîndită după războiul din 1877—78 oferea posibilităţi de progres, iar oraşul Bucureşti trebuia modernizat, spre a răspunde cerinţelor unei capitale. Experimentările au fost iniţiate de reprezentanţa întreprinderii Brush şi susţinute de oficialităţi, pînă la nivelul conducerii de stat, care „studia acest sistem cu toată atenţiunea şi cu viul interes ce poartă, pentru introducerea luminei electrice în România".

Instalaţiile respective s-au executat la clădiri proeminente, astfel încît noul fel de iluminat să fie public cunoscut.

Un grup electrogen, cu motor termic, a fost amplasat pe locul actualei Biblioteci Centrale Universitare, de pe Calea Victoriei, în faţa palatului, şi de acolo, prin două linii electrice aeriene,s-au făcut alimentări pentru a se lumina :

— în toamna anului 1882 exteriorul palatului Cotroceni ;

— iar la începutul anului 1883 exteriorul Teatrului Naţional din Calea Victoriei (distrus în urma bombardamentului aerian din 1944), precum şi patinoarul din Grădina Cişmigiu (ulterior în parte şi interiorul palatului din Calea Victoriei).

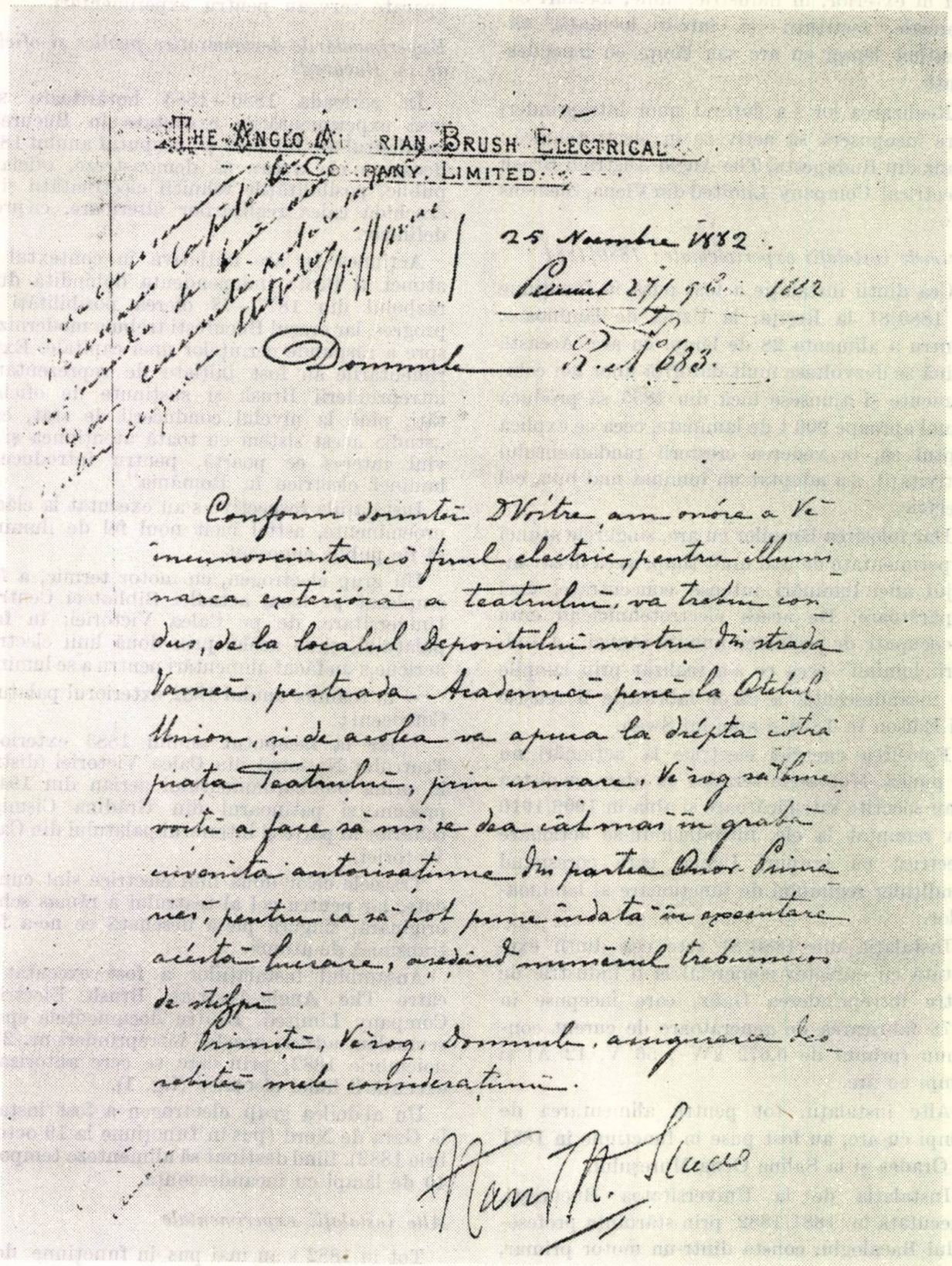
Traseele celor două linii electrice sînt cunoscute, iar pentru cel al teatrului a rămas schiţa originară, singura piesă desenată ce ne-a fost transmisă de atunci.

Ansamblul instalaţiilor a fost executat de către The Anglo-Austrian Brush Electrical Company Limited. Dintre documentele epocii semnalăm adresa acestei întreprinderi nr. 27/9 noiembrie 1882, prin care se cere autorizaţia executării liniei electrice (fig. 1).

Un al doilea grup electrogen a fost instalat la Gara de Nord (pus în funcţiune la 19 octombrie 1882), fiind destinat să alimenteze temporar 40 de lămpi cu incandescenţă.

Alte instalaţii experimentale

Tot în 1882 s-au mai pus în funcţiune două instalaţii temporare de luminat cu lămpi cu arc la Cluj şi la Rîşnov.



THE ANGLO AMERICAN BRUSH ELECTRICAL COMPANY, LIMITED.

25 Noembre 1882.

Primit 27/9 Dec. 1882

Domnule R. N° 683.

Conform dorinței D. Voștre, am onóra a Vĕ încunoscința, cŏ firul electric, pentru illuminarea exterióră a teatrului, va trebui condus, de la localul Depositului nostru din strada Vamei, pe strada Academiei pĕnĕ la Otelul Union, și de acolea va apuca la drépta cŏtră piața Teatrului, prin urmare, Vĕ rog să binevoiți a face să mi se dea cât mai în grabă cuvenita autorisațiune din partea Onor. Primăriei, pentru ca să pot pune îndată în executare acéstă lucrare, așeḑând numĕrul trebuincios de stîlpi.

Primiți, Vĕ rog, Domnule, assigurarea deosebitei mele considerațiuni.

Fig. 1

În anul 1882/83 se instalează luminat electric cu lămpi cu incandescență într-o locuință din București, iar la Cluj într-o fabrică de spirt.

De importanță deosebită prin caracteristicile particulare este instalația de luminat în subteran al Salinei Slănic—Prahova, decisă în 1882 și pusă în funcțiune la 7 martie 1883.

Desigur că toate instalațiile menționate produceau nu numai efect luminos, dar și uimire. Astfel despre instalația de la Slănic se spunea că: „Lumina produsă dă interiorului minei un aspect în adevăr feeric; ea este fixă și destul de intensă că se poate distinge chiar cele mai mici obiecte pe solul de exploatare".

Acțiunile amintite desfășurate între 1880 și 1883, au demonstrat că tehnica electricității aparținea viitorului.

Perioada punerii în funcțiune a primelor centrale cu profil industrial 1884—1885

Aceste centrale sînt în număr de trei la: Sinaia, Timișoara și București. *

La Sinaia s-a executat pe rîul Peleș cea dintîi centrală hidroelectrică de pe teritoriul României cu următoarele caracteristici: înălțimea căderii 125 m, debitul 150 l/s, puterea 200 CP. Ea a fost pusă în funcțiune în vara anului 1884, existînd și în prezent.

Centrala era destinată să asigure luminatul electric interior al Castelului Peleș, inaugurat în anul 1883, parcul și drumul de acces pînă la gară. A fost executată de Compania Continentală Edison.

În cadrul natural al localității cerințele de evitare a poluării nu puteau fi satisfăcute decît de o centrală hidroelectrică și în mod adecvat alte două, care au urmat, au fost tot hidroelectrice. După cum afirmă un martor, „luminatul electric adaugă un farmec deosebit peisajului".

Centrala termoelectrică Timișoara, realizată din inițiativa și stăruința „reprezentanței orașului liber regesc Timișoara" a fost pusă în funcționare definitivă la 27 noiembrie 1884, alimentînd cea mai întinsă rețea de luminat public din Europa la acea dată, pe 60 km de străzi. Instalațiile au fost executate de Anglo-Austrian Brusch Company Limited, aceeași întreprindere, care în 1882—1883, experimentase la București introducerea iluminatului electric. Generatoarele de curent continuu funcționau la 10 A și la o tensiune variabilă în jurul a 2000 V.

În 1887, începîndu-se racordarea și de consumatori particulari, instalația este în parte transformată, adoptîndu-se curentul monofazat, cu alimentare în derivație.

Se păstrează numele primului director al centralei, în perioada 1884—1887, Geo H. Cottam, și fotografia lui, unicele documente de acest fel privind primele centrale electrice de pe teritoriul României.

Centrala din București, pe strada Știrbei Vodă decisă ca urmare a reușitei experimentărilor din 1882—1883, era destinată să asigure luminatul interior al Teatrului Național și al Palatului din Calea Victoriei, ulterior și al redacției ziarului „L'Independence Roumaine", tot în Calea Victoriei.

Luminatul teatrelor a fost permanent o problemă tehnică dificilă, spre a se obține o bună calitate a reprezentațiilor și totodată spre a se evita incendiile. O dovadă în acest sens o constituie adresa prin care „Ministeriulu din Intru al Principatelor Unite Române" cu „no 2598 din 31 Ghenarie 1864" cere Comitetului Teatrului din București ca „teatrul să fie iluminat cu rapiță, cum a fost și în trecut, iar nu cu gaz, care este licuidul cel mai periculos și reu mirositor". Aceasta era replica introducerii în București, începînd din anul 1857 a luminatului cu petrol, prioritate între capitalele europene.

Cu toată convingerea necesității de a adopta luminatul electric, anul 1883 este pierdut în nehotăriri. Cheltuiala mare și punctul de vedere că centrala trebuie realizată de un distribuitor public au întîrziat, după cum arată actele epocii, luarea unei decizii pînă în august 1884 cînd se încheie contractul în acest scop cu Compania de Gaz din București, distribuitoarea gazului din cărbuni, pe baza concesiunii acordate de Primărie în 1866.

Întîrzierea hotărîrii este compensată prin alegerea mult mai avantajoasă a sistemului Edison, în loc de sistemele Brusch și Ganz, care erau în competiție.

Prin contract (făcînd parte din actele descoperite), Compania Gazului din București, prin directorul Henry Bouron, inginer de arte și manufacturi, „se îndatorează a da Teatrului Național din Capitală lumina electrică pentru reprezentațiile sale române și străine". Urmează o specificare detaliată a obligațiilor, precizarea costului instalației interioare, de 59018,40 lei, din care o sumă importantă, de 5000 lei, era prevăzută pentru „inginerul special, încercări și punere în mers", tariful etc. Centrala a fost executată de întreprinderea Edison din Paris, iar „inginerul special" a fost Jelle, asistent al lui Edison.

Deși începerea funcționării trebuia să aibă loc în octombrie 1884, adică înaintea centralei din Timișoara, ea a întîrziat pînă la 8 aprilie 1885. La acea dată scena era luminată electric și se prezenta în premieră D-ale Carnavalului. Bineînțeles a fost un eveniment și se pare că însuși Caragiale era mai preocupat de manevrele electricianului decît de desfășurarea piesei. Dar au

* Documentele originare descoperite de prof. Cornel Miklosi și inginer Paul Cartianu permit cunoașterea detaliată a acestor instalații.

fost și nemulțumiți : unele spectatoare care nu își potriviseră fardul obrajilor corespunzător acestei nuanțe de lumină și chiar unii actori.

Instalația de luminat a fost definitiv recepționată la 18/30 martie 1886 de o comisie de personalități ale epocii : C. Stăncescu, directorul general al Teatrului Național, arhitectul Ion Mincu și naturalistul Stefan Hepiteș. Devizul, contractul și procesul-verbal sînt primele acte de acest fel, rămase.

Citim în procesul-verbal de recepție : „Mașinile instalate pentru producerea luminei electrice sînt suficiente pentru 2000 lămpi de 8 lumînări. Pentru sările de gală Theatru întrebuințează 1490 lămpi. Mai rămîne deci disponibilă o putere Electrică pentru 510 lămpi pe care Direcția Theatrului o dă pentru luminatul Palatului. Luminarea Palatului însă necesită obicinuit 500 lămpi iar în sările de gală peste 1000 așa în cât puterea Electrică de care dispunea Direcția nu este actualmente suficientă spre a satisface trebuințelor Theatrului și trebuințelor Palatului tot deodată".

Centrala din Știrbei Vodă a funcționat pînă în anul 1908, cînd s-a pus în funcțiune centrala electrică Filaret și rețeaua electrică în oraș. Ultimul răspunzător al exploatării a fost inginerul Ștefan Ionescu.

Comparativ, cele 3 centrale aveau următoarele caracteristici principale :

— Centrala Sinaia, putere 130 kW, alimenta 890 de lămpi cu incandescență și 12 lămpi cu arc, din care zece tip Jablochkoff ; sistemul electric în derivație ;

— Centrala Timișoara, putere 120 kW, alimenta 731 de lămpi cu incandescență și 16 lămpi cu arc, sistemul electric în serie, care nu a avut viitor.

— Centrala București, putere 50 kW, extinsă mai tîrziu la 180 kW, alimenta 2000 de lămpi cu incandescență, sistemul electric în derivație.

Pe cînd centralele Sinaia și București erau destinate în principal luminatului interior, cea de la Timișoara a servit inițial exclusiv luminatului exterior.

Acest trio de centrale, puse în funcțiune practic în același timp, a marcat startul electrificării pe teritoriul României.

Evoluția în continuare

Acțiunile care au urmat pînă la sfîrșitul secolului al XIX-lea prezintă atît interes istoric, cît și tehnic. Instalații cu caracteristici diferite au fost executate : în București și în celelalte localități pentru folosința locuitorilor, precum și în industrie.

La sfîrșitul secolului al XIX-lea electrificarea României nu se îndepărta mult de-a țărilor europene importante vecine României, stare care s-a perpetuat și în următoarele decenii. Dovada o constituie situația folosirii energiei electrice în ținuturile românești alipite în 1918.

Între cele două războaie s-a urmărit o accentuare a electrificării, realizîndu-se o creștere medie anuală a consumului de 12,3%.

Dar dezvoltarea impetuoasă a electrificării aparține perioadei socialiste, ajungîndu-se în prezent ca România să fie printre țările lumii mari producătoare de energie electrică, în centrale moderne.

Bibliografie

[1] x x x *Codexul electricității*

100 de ani de la realizarea primelor instalaţii industriale de producere, transport şi distribuţie de energie electrică în România

Prof. emerit C. Dinculescu,
membru corespondent al Academiei R.S.R.

Prin realizarea primelor trei centrale electrice cu caracter industrial la Sinaia, Bucureşti şi Timişoara în anul 1884, România se situează încă de la început în primele rînduri ale introducerii noii tehnici, electricitatea, aşa cum o vor proba şi evenimentele ulterioare.

Astfel, în 1882, la Expoziţia de electricitate de la München, firma Edison prezintă prima instalaţie de iluminat electric al unei scene de teatru, demonstraţie în urma căreia două teatre müncheneze, „Residenztheater" şi „Hofftheater", adoptă imediat iluminatul electric. (Rapiditatea cu care se aplică noul sistem de iluminat îşi află explicaţia în faptul că multe teatre mari din lume arseseră din cauza sistemului de iluminat cu lumînări, lămpi cu gaz sau petrol ori gaz aerian din distilarea cărbunilor). Bucureştiul nu întîrzie mult în introducerea noii tehnici, firma Edison realizînd în 1885, aşa cum s-a arătat, iluminatul electric al Teatrului Naţional, care devine astfel cel de-al treilea teatru din Europa care foloseşte iluminatul electric al scenei.

Concomitent începe iluminatul electric al străzilor. La epoca respectivă multe oraşe mari din străinătate şi din România (Bucureşti, Timişoara, Cluj, Braşov, Galaţi, Oradea, Tîrgu Mureş) au acordat unor societăţi străine concesiunea pentru luminarea străzilor şi a locuinţelor cu gaz aerian din distilarea cărbunilor (procedeul Murdoch, Anglia). Aceste concesiuni de gaz aerian au fost o mare piedică în calea dezvoltării electrificării, atît la noi, cît şi în străinătate. Primul oraş românesc care a acordat concesiune pentru gaz aerian a fost Timişoara, în 1857. Dar servirea populaţiei fiind nesatisfăcătoare, Primăria oraşului anulează concesiunea în anul 1884 şi trece la iluminatul electric permanent al străzilor.

Pe aceeaşi linie se situează şi iluminatul cu electricitate al Spitalului militar din Bucureşti dintr-o centrală proprie, primul din Europa care aplică acest sistem.

În 1894 intră în funcţiune în Bucureşti primul tramvai electric din România, alimentarea făcîndu-se de la o centrală termoelectrică instalată la Grozăveşti, pe terenul actualei CET Grozăveşti.

Prima centrală hidroelectrică din ţara noastră a fost actuala CHE Sadu I — Sibiu, proiectată şi construită în 1896 de inginerul Oskar Von Müller, directorul şi organizatorul Muzeului tehnic din München şi colaborator la realizarea celebrei experienţe de transport de energie electrică la CHE Lauffen la Frankfurt am Main (Germania). CHE Sadu I a ajuns succesiv în 1899 la puterea instalată de 1140 CP, din care 520 CP în două grupuri hidro şi 620 CP în două grupuri termo- pentru compensarea debitelor de apă. (Se consuma lemn din pădurile alăturate).

În anul 1888 se realizează la Bucureşti complexul hidrotehnic Grozăveşti, rezultat din corectarea şi adîncirea cursului Dîmboviţei, din construirea barajului Ciurel, a canalului de aducţiune cu o lungime de 1,7 km şi a CHE Grozăveşti, echipată cu patru turbine Girard de cîte 180 CP fiecare, la o cădere de 7,3 m, cu un total de 720 CP. Turbinele din aşa-numita Uzină de apă Grozăveşti antrenau direct pompele pentru alimentarea cu apă potabilă a oraşului Bucureşti. În anul 1889 Primăria oraşului instalează la două din cele patru turbine hidraulice cîte un dinam de curent continuu de 25 kW, 600 V, antrenat prin curea. Cu acestea s-a făcut iluminatul electric al bulevardului Est — Vest, al grădinii Cişmigiu şi al şoselei Chiselef, pînă la rondul I.

În 1887, pe rîul Prahova, în aval de gara Cîmpina, se construieşte o centrală hidroelectrică de 300 CP, cu generator Ganz trifazat, utilizată de inginerul român Săvulescu la forarea şi darea în exploatare a trei sonde de petrol. România este astfel prima ţară din lume care a forat şi a extras petrol cu ajutorul electricităţii. CHE Cîmpina, proiectată şi aflată în proprietatea unui grup financiar olandez, Internaţionala din Amsterdam, a prezentat multe lipsuri de proiectare şi execuţie, funcţionînd cu dificultate. Amplasamentul ei a fost defectuos ales şi în anul 1888 centrala a fost distrusă de o violentă viitură de apă pe rîul Prahova.

În intervalul 1888—1924—1930 se naşte, se dezvoltă şi se consolidează primul sistem energetic „Electrica" — Cîmpina din regiunea petroliferă Valea Prahovei, care a ajuns să debiteze energie la nord pînă la Braşov, la sud pînă la Băicoi — Ploieşti — Bucureşti, la est pînă la Ceptura — Buzău — Berca, iar la vest pînă la Tîrgovişte — Gura Ocniţei — Moreni. În acest sistem energetic, cel mai dezvoltat din acel timp în ţara noastră, au debitat nouă centrale electrice, dintre care trei hidro : Sinaia, 1, Sinaia 2, Tîrlungu şi şase termo- : Cîmpina, Astra, Moreni, Sirius, Gura Ocniţei, CDE Moara Ionas Cîmpina, CDE Electrica Ploieşti, CDE Buzău, CTE nr. 1 Braşov.

În acelaşi interval, în 1898, se construieşte şi se pune în funcţiune CHE Sinaia 1, de 1300 CP, 1000 kW, proiectată de inginerul român Elie Radu. Soluţia dată de el este valabilă şi astăzi.

Centrala a fost executată ca lucrare de prim nivel mondial și a fost echipată cu patru turbine Francis de cîte 250 kW, fiind cea mai mare centrală electrică din țară la acea epocă. Folosind construcțiile hidrotehnice realizate pentru CHE Sinaia 1, în aval de ea s-au construit ulterior, de către întreprinderea Emil Costinescu, trei CHE în cascadă, care formau grupul CHE Sinaia 2 de 600 kW, la 3000 V, debitînd pe barele de 3 kV ale CHE Sinaia 1. Astăzi aceste centrale sînt desființate și trebuie reechipate pentru a produce circa 1 GWh/an energie hidro.

În anul 1898, odată cu construcția CHE Sinaia 1 de 1000 kW, Electrica SAR, fost Lahmayer, construiește la Doftana-Prahova, o CTE cu o semistabilă cu abur debitînd energie electrică pentru sonde de petrol, la curent trifazat 50 Hz, 500 V, parametrii azi normali pe plan internațional, utilizați și în prezent în regiunea petroliferă.

În anul 1898 „Electrica" construiește o linie de 8000 V, pe stîlpi din lemn, între CHE Sinaia și CTE Doftana. Este prima linie de interconexiune între două centrale electrice din țara noastră. Ea permitea debitarea în regiunea petroliferă a întregii energii electrice ce putea fi produsă la cele două centrale hidroelectrice, Sinaia 1 și Sinaia 2. În 1905—1906, odată cu construcția CTE Cîmpina, care debita pe 10 și pe 25 kV, linia aceasta este reconstruită la 25 kV, pe stîlpi din metal și dirijată la CTE Cîmpina. În anul 1912 linia este prelungită pînă la Azuga, iar în 1928, pînă la Dîrste Brașov pentru interconectarea cu CHE Tîrlungu și cu CTE nr. 1 Brașov.

În anii 1912—1914 se construiește linia de 25 kV Cîmpina — Băicoi — Ploiești și linia de 25 kV Cîmpina — Călinești — Moreni, prelungită în 1927 pînă la Gura Ocniței—Tîrgoviște.

În 1924 se construiește stația de 25/60 kV Florești și linia de 60 kV Florești — Ploiești — București și stația de interconexiune Grozăvești București de 60/5 kV, iar în anul 1929—1930 linia de 60 kV Ploiești—Urlați, ca prime instalații aeriene de 60 kV din țara noastră.

Anul 1930 este remarcabil și prin crearea și dezvoltarea sistemului energetic Gaz—Electrica Muntenia pe care debitau nouă centrale electrice, din care trei hidro- (Dobrești, Sinaia, Tîrlungu) și șase termo- (Grozăvești, Schitu Golești, Cîmpina, Florești, Gura Ocniței și Filaret).

În același an 1930 se realizează și marile construcții energetice pentru orașul București, ajuns între timp la o populație de 1 milion de locuitori. Se realizează astfel stația de 110/30 kV Grozăvești 30 MVA, și se ridică puterea acestei CTE de la 52 MW, prin instalarea grupurilor de 12,16 și 20 MW. Se introduce ciclul înaintaș de 140/20 ata cu cazane moderne Löfler, se construiește o rețea de distribuție de 30 kV suprapusă peste rețeaua de 5 kV, se introduc echipamentele cele mai moderne în stațiile de transformare de 110/30 kV și 30/5 kV.

Sistemele energetice „Electrica" și „Gaz-Electrica" au constituit scheletul viitorului sistem energetic național realizat după anul 1950, în etapa de construcție socialistă.

Etapa 1930—1940 mai trebuie menționată și pentru dezvoltarea în România a unei industrii moderne de celuloză și hîrtie, care avea nevoie de mari cantități de abur, pentru fabricație, și de electricitate pentru reglarea și automatizarea procesului de producție. Astfel, se instalează la fabricile de celuloză și hîrtie din Bușteni, Zărnești—Brașov și Letea — Bacău cazane și grupuri turbogeneratoare de 140 ata, 500°C, România fiind deci în primele rînduri pe plan mondial în dezvoltarea CTE cu abur la parametrii tehnici cei mai înalți.

În același timp, la centrala dieselelectrică Filaret se instalează grupuri de 5000 CP și de 9000 CP, cele mai mari grupuri dieselelectrice din lume la acea epocă, și se încep lucrările pentru instalarea la CTE Filaret a primei turbine cu gaze CBC de 10 MW, cea mai mare unitate din lume la acea dată. Totodată, se perfecționează funcționarea centralelor electrice din sistem. Centralele termo cu abur Grozăvești și Schitu Golești devin centrale de bază, iar CDE Filaret — centrală de vîrf, împreună cu CHE Dobrești, care folosea lacul de acumulare de apă de 0,5 mil. m^3, realizat prin construirea barajului de la Dobrești.

Toate aceste realizări probează interesul României față de introducerea electricității și numai înapoierea care a caracterizat viziunea regimului burghezo-moșieresc poate explica frînarea electrificării țării pînă în anul 1950, cînd Partidul Comunist Român a început să acorde acestei probleme un rol de bază în construirea socialismului.

Dezvoltarea succesivă a construcției de centrale, linii și stații pînă la realizarea actualului sistem energetic național este prezentată în volumul I din „Istoria energeticii și electrotehnicii în România. Electrificarea României de la primele începuturi pînă în anul 1950", apărut în 1981, cu ocazia Congresului Internațional de Istorie a Științelor". Cel de-al doilea volum, ce urmează să fie redactat de colective ale Ministerului Energiei Electrice, va cuprinde perioada de excepționale realizări înfăptuite din 1950 pînă în prezent sub conducerea Partidului Comunist Român și în special a secretarului său general, tovarășul Nicolae Ceaușescu, care a pus problema energiei ca primă problemă a fiecărui om al muncii din țara noastră.

Aceeași poziție de prim rang o deține România și în domeniul învățămîntului energetic și electrotehnic, precum și în participarea la marile orga-

nizații științifice internaționale, cum sînt Comisia Electrotehnică Internațională (începînd din 1905, ajungînd să dețină prezidenția acestei comisii prin academicianul Remus Răduleț, Conferința Mondială a Energiei, prezidată în 1971 de ing. Octavian Groza, Conferința Internațională a Marilor Rețele Electrice, CIGRE, Comisia Internațională a Marilor Baraje și încă multe altele, în care România desfășoară de multă vreme o activitate de înalt nivel.

În momentul de față, grație îndrumărilor și sprijinului permanent acordat de președintele Nicolae Ceaușescu, problemele de energetică și electrotehnică se plasează constant pe primul plan al tuturor preocupărilor științifice și tehnice din țara noastră și la nivelul primelor preocupări pe plan mondial, electrificarea României fiind într-o continuă și activă desfășurare la parametrii cei mai avansați din lume.

La 50 de ani de la descoperirea neutronului și 25 de ani de funcționare a primului reactor nuclear din România

Conf. dr fiz. Ionel Purica

Energetica nucleară își datorește existența descoperirii neutronului. Fără reacțiile nucleare posibile numai cu neutroni, ca reacția de fisiune în lanț a uraniului 235, a plutoniului 239 și a uraniului 233, nu ar fi fost posibilă conversia energiei concentrate în nuclee în forme de energie utilă dezvoltării civilizației umane, ca energia termică și energia electrică.

În primul sfert al secolului nostru, lumea fizicienilor era preocupată de proprietățile nucleelor atomice, nuclee puse în evidență de Rutherford. Structura nucleelor era însă o problemă nerezolvată. Singurele particule cunoscute: protonul, nucleul atomului de hidrogen și electronul impuneau ideea că nucleele sînt formate din electroni și protoni. Totuși, această structură nu concorda cu unele proprietăți nucleare ca, de exemplu, spinul. Această discordanță l-a făcut pe Rutherford, în 1920, să propună ca necesară existența unei particule care să fie neutră electric, dar să aibă masa protonului. Încercările lui, cît și cele ale colaboratorilor săi, de a pune neutronul în evidență experimental au fost sortite eșecului.

Era la modă în fizică să se studieze proprietățile nucleelor prin bombardarea lor cu particulele alfa emise de radium și să se analizeze radiațiile care rezultau în urma reacțiilor nucleare astfel provocate. Trebuie să amintim aici că E. O. Lawrence (Premiul Nobel pe 1939) a inventat primul accelerator circular, ciclotronul, în anul 1931 și era prea devreme pentru a provoca reacții nucleare cu acceleratorii. J. Cockroft făcea în laboratoarele de la Cambridge prima reacție nucleară artificială, accelerînd protoni în cîmp electric de cîteva sute de kilovolți și bombardînd cu ei lithiul. La Paris, soții Joliot-Curie (Premiul Nobel pe 1935) bombardau beriliul cu particule alfa și constatau că radiația care rezulta era fără sarcină, deci nu puteau fi decît radiații gamma. Acestea transmiteau însă în camera Wilson impulsuri anormal de mari nucleelor de hidrogen. Soții Joliot-Curie au publicat rezultatele obținute de ei în trei pagini, în „Comptes Rendues de l'Académie Française". Două săptămîni mai tîrziu, în prestigioasa revistă „Nature" [1], în februarie 1932, apare un articol în care J. J. Chadwick demonstrează că, dacă ținem seama de conservarea impulsului și de conservarea energiei, particula rezultată din bombardarea beriliului cu particule alfa trebuia să fie neutră, să aibă masa protonului și spinul acestuia, deci nu putea fi decît neutronul prevăzut de Rutherford în 1920.

Articolul lui Chadwick poate fi considerat ca actul de naștere al neutronului. Autorului lui i s-a decernat Premiul Nobel pentru fizică pe anul 1935.

Amestecul de radiu cu beriliu avea să fie prima sursă de neutroni, cu care Enrico Fermi va face experiențele ce au condus la descoperirea transuranienelor, elemente care nu se găsesc în natură. Printre numele care s-au impus în acest domeniu se află acela al lui Glenn Seaborg și al lui Horia Hulubei.

Aceleași experiențe ale lui Fermi au condus la descoperirea fisiunii nucleelor de uraniu, de către Lise Neitner, Otto Hahn și F. Strassmann, deschizînd o nouă eră pentru energetică. Omul începea să facă pe pămînt ceea ce pînă atunci nu se făcea decît în soare: reacții nucleare exotermice.

Dacă în anul acesta sărbătorim o jumătate de secol de la descoperirea neutronului de către J. J. Chadwick, nu trebuie să uităm că acum s-au împlinit patruzeci de ani de la punerea în funcțiune a primului reactor nuclear din lume, la 2 decembrie 1942, la Chicago, sub directa conducere a lui Enrico Fermi. În paralel cu echipa de la Chicago, în Canada, la Chalk-River se construia reactorul cu apă grea și uraniu natural, la a cărui realizare a participat și J. J. Chadwick.

* Institutul politehnic București.

Cu doisprezece ani mai tîrziu, la 24 iulie 1954, la Obninsk în U.R.S.S. s-a pus în funcțiune prima centrală nucleară, care furniza energie electrică la scară industrială, deschizînd drumul către aplicațiile pașnice ale energiei nucleare. În prezent, în lume sînt în funcțiune 307 centrale nuclearoelectrice, cu o putere instalată de 183 000 MWe, iar în anul 1990 vor fi 493 centrale, a căror putere instalată va depăși 350 000 MWe.

În țara noastră, sărbătorim în acest an 25 de ani de la punerea în funcțiune, în cadrul Institutului de Fizică Atomică București—Măgurele, a primului reactor nuclear de cercetare, de tip VVR—S.

Grație efortului entuziast al colectivelor de ingineri și fizicieni care au lucrat sub coordonarea științifică a acad. Horia Hulubei la construcția, montajul și punerea lui în funcțiune, țara noastră a devenit a noua țară din lume cu un reactor nuclear și a doua țară socialistă, după U.R.S.S., creîndu-și astfel premisele pentru a ocupa un loc în Consiliul guvernatorilor la Agenția Internațională pentru Energia Atomică, organism înființat la Viena în acea perioadă.

Reactorul nuclear de la Centrul Național de Fizică de la Măgurele a fost utilizat timp de un sfert de secol pentru a forma cadre de ingineri și fizicieni specializați în domeniul nuclear, a permis dezvoltarea cercetărilor de fizică nucleară și de fizica neutronilor și a produs radioizitopii necesari pentru medicină și industrie.

Am menționa aici că, încă de la un an după punerea în funcțiune a reactorului, țara noastră s-a afirmat la Conferința Internațională pentru Aplicațiile Pașnice ale Energiei Nucleare, ce a avut loc la Geneva în 1958, cu lucrări de fizica neutronilor și a reactorilor nucleari [2], [4].

Acum la o jumătate de secol de la descoperirea neutronului, ne-am putea întreba dacă el și-a încheiat cariera sau încă mai poate deschide drumuri noi?

Neutronul a prezentat caracteristici stranei. De exemplu, deși este neutru, el are un moment magnetic, deci ar trebui să aibă sarcini electrice în interiorul lui, sarcini ce se anulează la distanțe mari.

Astăzi, știm că neutronii sînt particule compuse din trei quark-uri între care se exercită forțe datorită schimbului între aceștia de particule numite gluoni. Aceste forțe prezintă caracteristici cu care nu sîntem obișnuiți. Ele cresc cu distanța, în loc să scadă, ca forțele electrice sau cele gravitaționale. Studiul lor face obiectul cromodinamicii cuantice, teorie similară cu electrodinamica, în care, însă, în loc de o singură sarcină ce generează cîmpul de forțe, avem trei sarcini distincte.

Neutronul nu este o particulă stabilă așa cum era considerat nucleul de hidrogen, protonul. El se dezintegrează, transformîndu-se într-un proton, un electron și un antineutrino. Viața medie a unui neutron este de 917 secunde. Această dezintegrare a condus la ipoteza posibilității dezintegrării nucleonilor în particule ușoare, leptoni, similare cu electronul, și pioni, particulele cu care descriem forțele nucleare,puînd în discuție valabilitatea legii de conservare a sarcinii barionice [5]. De altfel, primele rezultate experimentale obținute anul acesta în India arată că nici protonul nu este stabil. Viața lui este de ordinul a 10^{29} ani.

O altă proprietate a neutronului este momentul de dipol electric. Dacă, așa cum se bănuie, acesta este diferit de zero, am avea implicații deosebite asupra unor legi fundamentale ale fizicii [6].

Desigur, studierea în continuare a proprietăților neutronului ne mai poate aduce lucruri noi despre legile de bază ale fizicii. Neutronul este singura particulă elementară pe care o putem produce avînd viteze de ordinul a cîțiva metri pe secundă, așa-numiții neutroni ultrareci [7]. Neutronii ultrareci interacționează sensibil cu cîmpul gravitațional și pot permite detectarea unor abateri de la legea atracției newtoniene. Aceste abateri apar ca necesare în cadrul teoriilor de supergravitație, dezvoltate în ultimii ani în scopul unificării teoriei cîmpului gravitațional cu celelalte cîmpuri de forțe cunoscute : electro-slabe și nucleare sau tari. Experiențe care să utilizeze neutronii pentru detectarea efectelor prevăzute de supergravitație au fost propuse de curînd [8].

După cum vedem, neutronul nu numai că a oferit omenirii ieșirea din criza de energie pe care o trăim acum, dar el probabil că ne va da posibilitatea de a utiliza energia cîmpului gravitațional în forme tehnice care astăzi sînt greu de imaginat.

Bibliografie

[1] Chadwick, J. In : Nature, 1932, v. 129, p. 312 ; Proc. Royal Soc., 1932, v. 136, p. 692.

[2] Hulubei, H. ș.a. Actes de la deuxième Conférence Internationale, Genève, 1958, vol. 7, A—11, P/1543.

[3] Ursu, I. Energia atomică. Editura științifică, București, 1973, p. 477—484.

[4] Purica, I. I. Actes de la deuxième Conference Internationale, Genève, 1958, vol. 3, pp. 1040, P/1282.

[5] Goldhaber, M. *The Question of barion Conservation.* Paper a. A.1, Int. Conf. Cambridge, 13—17 sept. 1982.

[6] Dress, W. și Miller, P. D. *The neutron electric dipole moment.* In : Fundamental Physics with Reactor Neutrons and Neutrinos. The Inst. of Physics, Bristol and London, 1977.

[7] Luschikov, V. I. *Ultracold Neutrons.* Paper 4.B.2, Int. Conf. Cambridge, 13—17 sept. 1982.

[8] Purica, I. I. *The supergravitation investigation by ultracold neutrons.* Int. Conf. Cambridge, 13—17 sept. 1982.

Some Aspects Regarding Transmission Errors Detection Capacity Within Cyclic Polynomial Codes

(Condensed from the paper in romanian)

One of the problems of power equipment computer control (the equipment being in most cases distributed in space) is the data teletransmission accuracy. Communication channels are systems subject to perturbations, so that during their activation the signal representing 1 bit can be distorted, so that 1 logic is received as O logic or viceversa or no bit is received.

Generally, statistics show that the number of incorrectly received bits related to that one of correctly received bits ranges from one to 50,000 and one to 500,000 depedning on the line and equipment quality. In order to prevent unwanted effects of such possible teletransmission errors, a large variety of transmission errors identification techniques has been developed. Neither of these techniques enables a total identitfication of transmission errors ; would they enable it, they could become quite redundant, reducing the telecommunication line capacity. It is still necessar for the design engineer to know as exactly as possible the errors detection capacity offered by the identification method used in order to know whether it ranges within imposed design norms.

The present paper analyzes from this point of view one of the often used errors detection method, i.e. — the method of cyclic polynomial codes for the particular case when the generating polynom is $x^8 + x^5 + x + 1$. This is a method to be applied with several generating polynoms of any grade The choice of a good generating polynom depedns on the results the Galois theory. The above considered generating polynom offers a compromise between the induced redundancy and the errors detection capacity (as it will result).

The plynomial message transmitted on the line can be associated with a polynom $C(x) \in Z_2[x]$. If there exist transmission errors, a noise is superimposed on the message, having the polynom $E(x) \in Z_2[x]$, so that a message with the attached polynom $C'(x) = C(x) + E(x)$ is received at the end. The polynom $E(x)$ is called the error polynom and has the coefficients 1 in the error affected positions and 0 in the rest. A transmission is considered as correctif the received polynom $C'(x)$ can be divided by the generating polynom. Thus there can exist cases of non-detected errors, if, by chance, the polynom $E(x)$ is divisible by the generating polynom too.

A mathematical model of the errors non-detection casse consisting of the relations (5) and (7) has benn achieved. The mathematical model gives enough conditions (in the shape of simple relations, easily to be algorithmized) in order that the error polynom $E(x)$ should be divisible by the generating, polynom.

This mathematical model is the determination basis for the errors detection capacity by the above method, capacity to be expressed depending on the hypothesis of the errors distribution in the message.

Thus, if it is considered that the perturbation has a limited duration, producing a distinct „errors package" in the message, then if :

— the length of the package is smaller than the generating polynom grade the errors identification is 100% ;

— the length of the package is equal to the generating polynom grade the probability not to discover an error is $1/2^{r-1}$, where r is the generating polynom grade ;

— the legnth of the package is greater than the generating polynom grade, the possibility not to discover an error is $1/2^r$.

Considering that the perturbation is permanent and that any bit of the message can be erroneous (with a probability of 0.5) the detection capacity of 1—7 erroneous bits for messages of 16 and 32 bits length is given in Tables 1 and 2 respectively.

Concludingly, the method of polynomial codes with the above generating polynom constitutes an error detection procedure of increasing efficiency if the message is shorter (up to 7 octets). Another element sustaining the use of this method is the implementation possibility without difficulties, through usual computation techniques circuits.

Unele aspecte privind capacitatea de detecţie a erorilor de transmisie în cadrul codurilor polinomiale ciclice

Ing. O. Georgescu şi matem. D. Tomescu *

Consideraţii generale

Conducerea prin intermediul calculatorului a instalaţiilor energetice aflate la distanţă ridică o problemă tehnică importantă : aceea a teletransmisiei datelor.

Informaţia recepţionată este utilă numai dacă este corectă. Liniile de transmisie sînt sisteme supuse perturbaţiilor. De aici vor rezulta erori de transmisie. Pentru ca la punctul de recepţie aceste erori să poată fi identificate este necesară utilizarea unor coduri cel puţin detectoare de erori.

Una dintre metodele, des folosită, care pot realiza atît detecţia, cît şi corecţia erorilor de transmisie este metoda codurilor polinomiale ciclice.

Pe scurt, metoda constă în următoarele :

— La emisie, fiecărui mesaj informaţional (de m biţi, de exemplu) i se adaugă într-un anumit mod un număr de k biţi. Cei $m + k$ biţi transmişi în canal pot fi asociaţi unui polinom de grad $n = m + k - 1$, avînd coeficienţii egali cu valorile biţilor transmişi, variabila polinomului avînd rolul de a fixa poziţia relativă a acestor biţi.

Biţii care se adaugă mesajului informaţional sînt astfel luaţi încît polinomul $C(x)$ de gradul în care se asociază mesajului transmis, să fie divizibil printr-un polinom dat $G(x)$, de grad k, numit polinom generator şi care este o constantă a codificării.

La recepţie se primeşte un mesaj de n biţi, căruia i se poate asocia de asemenea un polinom de grad n, $C^1(x) = C(x) + E(x)$. Polinomul $E(x)$ se numeşte polinomul erorilor şi are drept coeficienţi pe 1 în poziţiile afectate de erori şi zero în rest.

* Ing. Ovidiu Georgescu este cercetător la ICEMENERG ; matem. Dan Tomescu este analist la Centrul de calcul CIPCMP

Polinomul $C^1(x)$ recepționat se împarte la polinomul generator $G(x)$. Dacă restul este nul se consideră că nu au fost erori de transmisie.

Această metodă prezintă o serie de avantaje, cum sînt :

— posibilitatea de realizare a schemei de codificare, respectiv decodificare prin circuite cu componente de tehnică numerică foarte simple ;

— o redundanță relativ mică, numărul k al biților neinformaționali fiind de regulă cel mult 16 ;

— posibilitatea de a realiza și corecția erorilor, caz în care polinomul $G(x)$ se alege într-un mod special, cu anumite rădăcini.

Unul dintre dezavantajele metodei constă în imposibilitatea detectării erorilor pentru acele polinoame de eroare $E(x)$ divizibile prin $G(x)$.

În literatura de specialitate se menționează că se obține o creștere a capacității de detecție pe măsură ce se mărește gradul polinomului-generator $G(x)$, cu prețul — evident — al creșterii redundanței. De asemenea, se arată că se pot detecta orice erori situate într-un interval de „lungime" mai mică decît gradul polinomului generator [2].

Nu se fac — în general — alte precizări asupra capacității de detecție a diferitelor polinoame generatoare, în speță asupra distanței Hamming sau a numărului total de cazuri în care n erori nu sînt detectate, informații necesare atunci cînd se dorește asigurarea unor performanțe pentru transmisie. Articolul de față urmărește să soluționeze aceste probleme în cazul în care polinomul generator este $G(x) = x^8 + x^5 + x + 1$, unul dintre polinoamele recomandate prin normele CCITT și care realizează un compromis între capacitatea de detecție și redundanță (în acest caz fiind de 1 octet).

Metodologia folosită pentru determinarea capacității de detecție se poate aplica și în cazurile alegerii unui alt polinom generator.

1. Modelul matematic al cazurilor de nedetectare a erorilor

Fie $G(x) = x^8 + x^5 + x + 1 \in Z_2[x]$

Observăm că $G(x) = (x^4 + 1)\ (x^4 + x + 1)$ și polinoamele $x^4 + 1$, $x^4 + x + 1$ sînt prime între ele.

Deci pentru ca un polinom $E(x) \in Z_2[x]$ să se dividă prin $G(x)$ este necesar și suficient să se dividă prin $x^4 + 1$ și $x^4 + x + 1$. Vom cerceta pe rînd condițiile în care un polinom din $Z_2[x]$ se divide la $x^4 + 1$, respectiv la $x^4 + x + 1$.

1.1. Deoarece Z_2 este corp, în $Z_2[x]$ are loc proprietatea : pentru orice $E(x)$, $G(x)$ din $Z_2[x]$, există $C(x)$, $R(x)$ din $Z_2[x]$, unic determinați astfel încît să aibă loc relația : $E(x) = G(x) \cdot C(x) + R(x)$, cu grad $R(x) <$ grad $G(x)$.

Să încercăm să găsim resturile obținute prin împărțirea polinoamelor de forma x^m la $x^4 + 1$.

Avem :

$$\begin{aligned} 1 &= 0\cdot(x^4+1)+1 \\ x &= 0\cdot(x^4+1)+x \\ x^2 &= 0\cdot(x^4+1)+x^2 \qquad (1) \\ x^3 &= 0\cdot(x^4+1)+x^3 \\ x^4 &= 1\cdot(x^4+1)+1 \text{ ș.a.m.d.} \end{aligned}$$

Vom arăta că, în general, pentru orice $k \in N$, avem :

$$x^{4k+s} = C_{4k+s}\cdot(x^4+1)+x^s \qquad (2)$$

cu

$$C_{4k+s} \in Z_2[x],\ s \in \{0, 1, 2, 3\}$$

Pentru $k = 0$, (2) este adevărată, conform egalităților (1). Presupunînd (1) adevărată pentru $k = n$, să arătăm că este adevărată și pentru $n + 1$:

$$x^{4(n+1)+s} = x^{4n+s+4} = x^4[C_{4n+s}(x^4+1)+x^s] =$$

$$= C_{4n+s}x^4(x^4+1)+(x^4+1)x^s+x^s =$$

$$= C_{4(n+1)+s}(x^4+1)+x^s$$

Fie $E(x) \in Z_2[x]$

$$E(x) = \sum_{k=0}^{n} \alpha_k x^k,\ \alpha_k \in Z_2,\ 0 \leqslant k \leqslant n$$

Notăm : $A = \{0, 1, \ldots, n\} = A_0' \cup A_1' \cup A_2' \cup A_3'$

unde $A_i' \overset{D}{=} \{x \in A \mid x \equiv i \pmod 4\}$, $0 \leqslant i \leqslant 3$

Deci

$$E(x) = \sum_{k\in A_0'} \alpha_k x^k + \sum_{k\in A_1'} \alpha_k x^k + \sum_{k\in A_2'} \alpha_k x^k + \sum_{k\in A_3'} \alpha_k x^k =$$

$$= (x^4+1)C + x^0 \sum_{k\in A_0'} \alpha_k + x^1 \sum_{k\in A_1'} \alpha_k + x^2 \sum_{k\in A_2'} \alpha_k +$$

$$+ x^3 \sum_{k\in A_3'} \alpha_k$$

unde $C = \sum_{i=0}^{3} \sum_{k\in A_i'} \alpha_k C_k$

Pentru ca $E(x)$ să se dividă la $x^4 + 1$ este necesar și suficient ca :

$$\sum_{k\in A_0'} \alpha_k = \sum_{k\in A_1'} \alpha_k = \sum_{k\in A_2'} \alpha_k = \sum_{k\in A_3'} \alpha_k = 0 \qquad (3)$$

Definim:

$$A_0 = \{\alpha_k \mid k \in A_0',\ \alpha_k = 1\}$$

$$A_1 = \{\alpha_k \mid k \in A_1',\ \alpha_k = 1\}$$

$$A_2 = \{\alpha_k \mid k \in A_2',\ \alpha_k = 1\}$$

$$A_3 = \{\alpha_k \mid k \in A_3',\ \alpha_k = 1\}$$

Deoarece coeficienții α_k, ai polinomului de eroare nu pot fi decît 0 sau 1 rezultă că relațiile (3) sînt echivalente cu:

$$\begin{aligned} &\text{card } A_0 = \text{par} \\ &\text{card } A_1 = \text{par} \\ &\text{card } A_2 = \text{par} \\ &\text{card } A_3 = \text{par} \end{aligned} \tag{5}$$

Relațiile (5) constituie condiția necesară și suficientă ca $E(x)$ să fie divizibil prin $x^4 + 1$.

1.2. Se abordează în același mod problema divizibilității lui $E(x)$ prin $x^4 + x + 1$.

Observînd că:

$$1 = (x^4 + x + 1)C_0 + 1 \quad ; \quad R_0 = 1$$

$$x = (x^4 + x + 1)C_1 + x \quad ; \quad R_1 = x$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots ; \quad \ldots\ldots$$

$$x^{14} = (x^4 + x + 1)C_{14} + x^3 + 1 ; \quad R_{14} = x^3 + 1$$

$$x^{15} = (x^4 + x + 1)C_{15} + 1 \quad ; \quad R_{15} = 1$$

se poate arăta prin inducție matematică, în general, că pentru orice $k \in N$, avem:

$$x^{15k+s} = (x^4 + x + 1)C_{15k+s} + R_s \tag{6}$$

cu $C_{15k+s} \in Z_2[x]$, $0 \leqslant s \leqslant 14$

Dacă

$$A \overset{D}{=} \{0, 1, \ldots, n\},\ E(x) = \sum_{i=0}^{n} \alpha_i x^i$$

$$A_s \overset{D}{=} \{x \in A \mid x \equiv s \pmod{15}\} \quad 0 \leqslant s < 15$$

$$B_s \overset{D}{=} \{\alpha_k \mid k \in A_s,\ \alpha_k = 1\} \quad 0 \leqslant s < 15$$

putem scrie, după rearanjări ale termenilor:

$$E(x) = (x^4 + x + 1) \sum_{s=0}^{14} \sum_{i \in A_s} \alpha_i C_i + \sum_{s=0}^{14} \Big(\sum_{i \in A_s} \alpha_i \Big) R_s$$

Înlocuind pe R_s cu expresiile concrete, reducînd termenii asemenea și ținînd seama de definițiile anterioare se poate scrie condiția necesară și suficientă pentru ca polinomul $E(x)$ să fie divizibil prin $x^4 + x + 1$:

$$\begin{aligned} &\text{card } (B_3 \cup B_6 \cup B_7 \cup B_9 \cup B_{11} \cup B_{12} \cup B_{13} \cup \\ &\qquad \cup B_{14}) = \text{par} \\ &\text{card } (B_2 \cup B_5 \cup B_6 \cup B_8 \cup B_{10} \cup B_{11} \cup B_{12} \cup \\ &\qquad \cup B_{13}) = \text{par} \\ &\text{card } (B_1 \cup B_4 \cup B_5 \cup B_7 \cup B_9 \cup B_{10} \cup B_{11} \cup \\ &\qquad \cup B_{12}) = \text{par} \\ &\text{card } (B_0 \cup B_4 \cup B_7 \cup B_8 \cup B_{10} \cup B_{12} \cup B_{13} \cup \\ &\qquad \cup B_{14}) = \text{par}. \end{aligned} \tag{7}$$

În concluzie, pentru ca un polinom $E(x) \in Z_2[x]$ să se dividă prin $x^8 + x^5 + x + 1$ trebuie îndeplinite relațiile (5) și (7).

2. Cazuri de nedetectare a erorilor de transmisie

În continuare se arată modul în care se poate folosi modelul matematic anterior obținut — relațiile (5), (7) — pentru a determina distanța Hamming și numărul cazurilor de nedescoperire a n erori, atunci cînd mesajul transmis are diferite lungimi, iar polinomul generator folosit este: $x^8 + x^5 + x + 1$.

Pentru început vom face cîteva observații, care se desprind din analiza relațiilor (5) și (7):

— Polinomul $x^8 + x^5 + x + 1$ detectează orice număr impar de erori de transmisie, indiferent de lungimea mesajului transmis.

— Polinomul $x^8 + x^5 + x + 1$ detectează orice pereche de erori de transmisie, dacă lungimea mesajului transmis nu depășește 60 biți (7 octeți).

— Polinomul $x^8 + x^5 + x + 1$ nu detectează întotdeauna patru erori de transmisie, cel puțin în cazurile în care $E(x) = x^k(x^8 + x^5 + x + 1)$.

Din observațiile anterioare rezultă că:

— pentru mesaje avînd lungimea pînă la 60 biți, distanța Hamming este 4;

— Pentru mesaje avînd lungimea egală sau mai mare de 61 biți distanța Hamming este 2.

— Pentru ca (7) să fie îndeplinite — în cazul a patru erori de transmisie, aceste erori este necesar a fi distribuite astfel:

a) toate în aceeași mulțime B_i;

b) cîte două în două mulțimi B_i, B_j, distincte.

Să considerăm un mesaj de 16 biți (un octet de informație și un octet de control). Din ob-

servațiile anterioare se știe că distanța Hamming pentru acest mesaj este 4.

Pentru a determina numărul cazurilor în care patru erori nu sînt detectate (există, evident, opt cazuri, corespunzătoare polinoamelor de eroare de forma: $E(x) = x^k(x^8 + x^5 + x + 1)$, $0 \leqslant k \leqslant 7$, dar pot exista eventual și altele) s-au explicitat mulțimile din (5), (7) astfel:

$$A_0 = \{\alpha_0, \alpha_4, \alpha_8, \alpha_{12}\} \quad A_1 = \{\alpha_1, \alpha_5, \alpha_9, \alpha_{13}\}$$

$$A_2 = \{\alpha_2, \alpha_6, \alpha_{10}, \alpha_{14}\} \quad A_3 = \{\alpha_3, \alpha_7, \alpha_{11}, \alpha_{15}\}$$

$$B_0 = \{\alpha_0, \alpha_{15}\},$$

$$B_1 = \{\alpha_1\}, \; B_2 = \{\alpha_2\}, \; \ldots, \; B_{14} = \{\alpha_{14}\}$$

unde α_i, $0 \leqslant i \leqslant 15$ este coeficientul lui x^i din polinomul asociat mesajului transmis, după care s-au format, printr-un program FORTRAN toate polinoamele $E(x)$ de grad 15, avînd patru coeficienți egali cu 1 (corespunzătoare tuturor cazurilor posibile de patru erori de transmisie). Polinoamele au fost generate astfel, încît să se verifice relațiile (5) și prin program s-a verificat îndeplinirea relațiilor (7). A rezultat că numai în două cazuri mai pot rămîne patru erori nedetectate, și anume pentru polinoamele:

$$E_1(x) = x^{14} + x^{12} + x^{10} + 1 \quad \text{și} \quad E_2(x) = x^{15} + x^{13} + x^{10} + x.$$

Deci în zece cazuri din 220 posibile nu pot fi detectate patru erori în transmisia unui mesaj de 2 octeți folosind polinomul generator de mai sus.

Pentru același mesaj de 2 octeți, într-un mod analog, s-a determinat numărul cazurilor în care șase erori de transmisie nu sînt detectate, rezultînd 64 de astfel de cazuri din 936 posibile.

Să considerăm în continuare un mesaj de 4 octeți (3 informaționali, unul pentru control). Și pentru acest mesaj s-a determinat, prin același procedeu ca mai sus, numărul cazurilor de nedetectare a patru și respectiv șase erori, rezultînd:

— 232 de cazuri de nedetectare a patru erori din 4984 posibile;

— 7810 cazuri de nedetectare a șase erori din 111 440 posibile.

Concluzii

Realizarea unei anumite fiabilități în conducerea cu calculatorul a instalațiilor energetice, implică și cunoașterea capacității de detecție a erorilor în teletransmisia datelor.

Procedeul descris permite determinarea acestei capacități atunci cînd se folosește metoda codurilor polinomiale ciclice ca metodă de detecție a erorilor și polinomul $x^8 + x^5 + x + 1$ ca polinom generator.

A rezultat că polinomul $x^8 + x^5 + x + 1$ realizează un bun compromis între capacitatea de detecție și redundanța transmisiei.

Definind capacitatea de detecție ca raportul dintre numărul cazurilor de recunoaștere și numărul total al cazurilor de întîmplare a unui număr de erori, s-a obținut:

— pentru un mesaj de 2 octeți:

Erori de transmisie	Capacitatea de detecție
1	100%
2	100%
3	100%
4	95,5%
5	100%
6	93,2%
7	100%

— pentru un mesaj de 2 octeți:

Erori de transmisie	Capacitatea de detecție
1	100%
2	100%
3	100%
4	95,4%
5	100%
6	93%
7	100%

Comparînd datele din cele două tabele anterioare, este de așteptat ca și pentru un mesaj avînd lungimea de 5—6 octeți capacitatea de detecție să fie foarte apropiată de valorile din aceste tabele.

Avînd în vedere și controlul de paritate care se face pe octet — în cazul transmisiilor asincrone — rezultă global o creștere a capacității de detecție.

Bibliografie

[1] Cullman, G. *Coduri detectoare și corectoare de erori*, Editura tehnică, București — 1972.

[2] Ionescu, D. *Codificare și coduri*. Editura tehnică, București, 1981.

[3] * * * *Sistem de conducere prin calculator a instalațiilor din comanda dispecerilor de distribuție*. Studiu ICEMENERG, 1981.

(primit la 20 aprilie 1982
acceptat la 26 mai 1982)

Tubulatura cazanului. Fenomene pe partea de apă (abur): corozlunea de cazan

Ing. Iulia Forje și ing. M. Mitroi *

Considerații generale

Așa cum se știe, prin tubulatura cazanelor generatoare de abur circulă apă, care se transformă în abur saturat într-un flux continuu sau repetat, după tipul de cazan folosit.

În condiții de temperatură și presiuni ridicate, un fenomen distructiv care poate acționa local sau chiar pe suprafețe întinse, în interiorul tubulaturii, este coroziunea. Coroziunea, ca proces chimic, se amorsează și se dezvoltă în anumite condiții. Asupra acestor condiții, cauze și dezvoltare, se lucrează intens în întreaga lume, în special în laboratoarele CEGB (Centrul Electricity of Great Britain), reușindu-se la această dată o recunoaștere a diverselor aspecte (prin efect) ale procesului de coroziune și mai puțin a mecanismelor intime care o declanșează.

În general, coroziunea din interiorul tubulaturii cazanelor de abur este cunoscută sub denumirea de ,,coroziune de cazan'' sau ,,coroziune sub tensiune''. Procesul distructiv al coroziunii sub tensiune nu diferă de procesul electrochimic aproximativ cunoscut al coroziunii în general, deși condițiile care conduc la efectul distructiv, cîteodată destul de spontan al spargerilor de țevi, par a fi, la prima vedere, diferite, de unde și denumirea specifică de ,,coroziune de cazan''. Coroziunea de cazan acționează atunci cînd apa (aburul) are un *p*H scăzut (acidă) sau ridicat (alcalină). Forma de *p*H ridicat, alcalină, a fost recunoscută încă din anii 30 de către cercetătorii americani și, din cauza măsurilor luate pentru purificarea apelor, s-au creat condiții pentru coroziunea acidă (cu *p*H scăzut), formă des întîlnită și deloc explicată practic prin anii 50. Cu toate că forma acidă a fost explicată și descrisă încă din anul 1947 de către Hankison și Baker, ea nu este recunoscută ca atare decît către sfîrșitul deceniului 5. De fapt, nici la această dată cele două forme de coroziune nu sînt recunoscute oficial de către toți cercetătorii care lucrează în acest domeniu, termenul de ,,coroziune caustică'' sau ,,fragilizare caustică'' fiind deseori impropriu utilizat. Confuzia care a dus la acestă controversă s-a datorat în special calității apei utilizate. În Anglia, unde se utilizează foarte multă apă de mare, coroziunea se manifestă în special prin forma acidă, iar în America mai mult prin forma alcalină.

1. Teoria coroziunii de cazan

1.1. *Aspecte teoretice*

Oțelurile carbon cu procent de carbon scăzut corodează foarte încet în apa pură sau în soluțiile neutre dezoxigenate la temperaturile din cazan. Produsul normal de coroziune este magnetita, care formează un film protector pe suprafața oțelului. Viteza de coroziune descrește cu timpul și chiar după mulți ani de funcționare filmul protector de magnetită nu este mai gros de cîțiva microni (8—12). Din experimentări de laborator se constată însă că în soluții cu *p*H scăzut sau ridicat solubilitatea magnetitei ia aspecte diferite și nu se mai constituie în strat protector. În acest caz viteza de coroziune se măsoară prin saturarea în Fe a soluției, iar procesul de coroziune, după modul de formare continuă și precipitarea magnetitei din soluția saturată. Din soluții concentrate alcaline(NaOH) magnetita rezultată este poroasă și cu aderență slabă, în timp ce din soluții acide concentrate (HCl) magnetita este aderentă la suprafața interioară a țevii, este dură și are o structură laminară caracteristică. Viteza de coroziune a acestor forme de magnetită este mare, crește cu temperatura, circa 1 cm/an la 300°C, și nu descrește cu timpul. Aceste straturi de magnetită pot crește foarte mult, fără a produce o rupere a peretelui țevii sau pot duce la o spargere bruscă, prin smulgere de bucăți de metal chiar la o penetrație>1 mm, produsă într-un interval <100 h. În asemenea cazuri de spargere ,,explozivă'' coroziunea este asociată cu acțiunea fragilizantă a hidrogenului generat de acest proces prin :

$$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$$

și are forma acidă.

1.2. *Rezultate experimentale*

Experimental se constată că acest proces de coroziune de cazan acționează *local*, pe suprafețe relativ restrînse și chiar în cazane în care apa de alimentare are condiții foarte restrictive (este aproximativ pură) și cu un *p*H neutru. Acum se știe și s-a demonstrat : coroziunea de cazan este produsă de *concentrarea locală* de soluții alcaline sau acide *generate de procesul de fierbere* (evaporare) de pe peretele interior al țevii. Totuși la cazanele în exploatare nu toate suprafețele pe care se produce aburul conțin și zone supuse fenomenului de coroziune

* Ing. Iulia Forje și ing. Marin Mitroi sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

sub tensiune și multe dintre ele se corodează doar cîțiva microni pe toată durata lor de exploatare. În acest caz convecția normală (fluxul termic) asigură o fierbere omogenă la suprafața țevii și formează permanent un amestec cu apa diluată din cazan. Cînd acest amestec nu are loc se produc concentrații locale de soluții, cu acțiune evident corodantă. Concentrația de soluții se poate produce :

— Cînd suprafețele de fierbere (interiorul țevii) conțin depozite poroase, ca oxizi de Fe sau Cu. Aceste depozite se regăsesc pe suprafețele orizontale sau înclinate ori în locurile cu curgere turbulentă, ca protuberanțe ale cordoanelor de sudură (îmbinări cap la cap) sau coturi. Fierberea prin acest depozit poros este deseori numită „fierbere fitil", deoarece lichidul este trimis la suprafață prin porii înguști din depozit, lăsînd în spațiul (interfața) metal-depozit substanțele solide, care, cu timpul se concentrează.

— Cînd suprafața interioară a țevii prezintă denivelări ca : ciupituri (realizate printr-o oxidare atmosferică anterioară, de exemplu în depozitare) sau mici crăpături (rizuri de laminare), suduri etc., în care soluțiile se pot concentra treptat.

— Pe suprafața de schimb de căldură, unde nu se mai produce abur, un abur „ilegal", cum ar fi fierberea picăturilor de apă sau a peliculelor de apă de pe suprafața interioară a țevilor din sistemele de supraîncălzitoare. În acest caz se produce o concentrare a soluțiilor atunci cînd suprafața uscată este udată intermitent sau prin evaporare la colțurile peliculei de apă.

1.3. *Coroziunea alcalină*

Apa de cazan poate conține alcalii diluate prin adaos deliberat în apa de alimentare sau printr-o tratare incorectă a apei, care devine alcalină, atunci cînd se încălzește sau prin contaminare. Pentru a declanșa procesul de coroziune este nevoie de o *concentrație locală ridicată*, de circa 20% NaOH. De exemplu, dacă apa de alimentare conține 2 p.p. m. NaOH, pentru a atinge concentrația periculoasă, factorul de concentrare este de 10^5. Această condiție restrînge coroziunea alcalină la zone specifice :

— dacă această concentrație alcalină se formează pe marginile unei pelicule de apă, magnetita formată este slab aderentă și este îndepărtată din locul formării, lăsînd în peretele pevii o cavitație mai mult sau mai puțin ţrofundă, care, la rîndul ei, devine sursă concentratoare de soluții ;

— dacă concentrația alcalină are loc sub un depozit poros produsul de coroziune rămîne ca un oxid negru, moale sub crustă și poate, eventual, sinteriza într-o masă dură, care conține de obicei și alte substanțe concentrate din apa de alimentare, ca fosfați silicați, Cu, Zn etc. Acest gen de coroziune se localizează mai frecvent pe denivelările suprafețelor interioare, ale îmbinărilor sudate etc.

1.4. *Coroziunea acidă*

Soluțiile concentrate cu *p*H scăzut (acide) pot fi produse în cazan în două moduri :

— *p*H-ul din apa de alimentare este redus de contaminatori, care pot fi acizi sau devin acizi atunci cînd se încălzesc, sau

— apa de alimentare rămîne alcalină, dar se realizează concentrații de soluții acide în ciupiturile sau în crăpăturile din peretele țevii prin acțiunea O_2 sau a clorurilor dizolvate.

Cel mai des citat contaminator care formează acizi este apa sărată (de mare) sau de rîu (cînd sînt utilizate ca agent de răcire, contaminarea datorîndu-se neetanșeităților condensatorului turbinei). Concentrația locală se realizează prin fierbere, proces care îndepărtează local amoniacul care ar putea neutraliza acești acizi. Factorul de concentrare pentru coroziunea acidă este mult mai scăzut decît factorul de concentrare alcalină ; în consecință coroziunea acidă poate avea loc oriunde se poate produce o fierbere pe suprafețe denivelate. Un proces activ de coroziune este net indicat de stratul laminar de magnetită care umple denivelările suprafețelor.

Cînd apa de cazan este contaminată cu O_2 dizolvat sau cu cloruri într-o soluție neutră sau alcalină, filmul de oxid se poate rupe local și metalul devine anod pentru suprafața înconjurătoare ; de asemenea, dizolvarea fierului duce la formarea de cloruri feroase, care hidrolizează pentru a da o soluție acidă. La temperaturi scăzute aceasta duce la ciupituri acoperite de rugină, dar la temperaturi ridicate (ca cele din cazan) ciupiturile se umplu cu magnetită laminară. Ciupirea datorată O_2 sau clorurilor, la temperaturi înalte, poate avea loc și în absența transferului termic, de exemplu la partea interioară, sus, a tamburului cazanului.

Stratul rezultat în urma coroziunii acide este de obicei foarte curat (în magnetită) ; numai la interfața metal-depozit se constată o îmbogățire în cloruri sau hematită (acțiunea O_2-ului).

Coroziunea acidă este întovărășită — nu întotdeauna — de acțiunea fragilizantă a H_2 sau de fisuri prin rupere fragilă. Orice rupere bruscă de țeavă prin fisurare sau smulgere de material, fără deformarea peretelui țevii în zona ruperii, indică, de obicei, un efect al acțiunii de coroziune acidă de temperaturi înalte.

1.5. *Factori de exploatare sau proiectare care duc la coroziune*

Cauza producerii coroziunii fiind formarea de soluții concentrate (alcaline sau acide) local, la suprafața metalului, factorii care favorizează apariția acesteia sînt diferiți și deseori contradictorii. Dacă această concentrare se realizează

din procesele de transformare apă-abur, care depind sensibil de viteza, intensitatea fluxului termic și de curgerea fluidului, atunci orice schimbare în acești parametri poate duce la formarea locală a soluțiilor concentrate. Dacă procesul de coroziune este amorsat de concentrarea de soluții în micile defecte de suprafață ale interiorului țevii (crăpături, ciupituri, protuberanțe ale îmbinărilor sudate etc.), atunci se creează situații ciudate : un agregat prezintă spargeri prin coroziune, pe cînd alt agregat de același tip, nu.

O alcalinitate excesivă poate determina concentrații locale corosive, dar o contaminare cu formatori acizi poate produce o scădere a acestui *p*H ridicat, soluția trecînd din forma de coroziune alcalină în forma de coroziune acidă, care este mult mai violentă și dăunătoare în manifestare.

Există deci mulți factori care pot duce la apariția acestui fenomen. Chiar o contaminare pe perioade scurte cu O_2 sau cu cloruri poate duce la apariția spargerilor prin coroziunea sub tensiune pe intervale scurte la agregate care ani de zile au funcționat fără probleme de acest gen.

Reducerea incidenței coroziunii sub tensiune nu se poate face printr-o metodă radicală, de exemplu prin utilizarea unei substanțe total neutre și care rămîne neutră indiferent de contaminare și de temperatură, ci prin înlăturarea factorilor ce duc la concentrații locale de soluții. Avînd în vedere varietatea mare de factori care pot influența coroziunea sub tensiune, înlăturarea lor se face, de la caz la caz, după o temeinică cunoaștere a cauzelor care au dus la apariția locală a fenomenului.

2. Rezistența la coroziune sub tensiune a metalelor și aliajelor

Mecanismul de acționare a acestui proces de coroziune asupra agregatului cristalin, care, pentru echipamentele termoenergetice este în general oțelul-carbon sau slab aliat, adică țeava, se pare că are la bază slaba coeziune a atomilor din zona de graniță dintre cristale. Limita dintre cristale este constituită dintr-un strat subțire, *amorf*, atomii diferitelor metale ale aliajului fiind „înghețați" în poziții în afara echilibrului energetic. Pătrunderea sulfului, oxigenului, clorurilor sau hidrogenului prin aceste zone cu niveluri energetice slabe se face cu ușurință, dislocînd atomii cu afinități chimice și realizînd combinațiile chimice respective (care nu se cunosc). Orice reacție în acest spațiu îngust, de graniță, este însoțită și de o variație energetică, care nu poate fi preluată decît parțial de agregatul cristalin vecin — cristalul — și în consecință de-a lungul limitei se vor realiza zone cu diverse niveluri energetice, deci tensiuni. Aceste tensiuni pot atinge local valori foarte ridicate și acolo unde depășesc limita de elasticitate (curgere) metalul se rupe brusc pe toată grosimea, fără o avizare prealabilă (deformare locală). Acest mecanism, descris inițial de către cercetătorii englezi Evans și Cotrell, a fost acceptat, în general, controversele purtîndu-se asupra reacțiilor care au loc și a produselor acestora. Se pare că H_2 și O_2 acționează sub formă elementară (moleculară sau ionică?), iar clorul și sulful devin agresivi doar în combinații chimice. Așa s-a creat noțiunea de permeabilitate, adică permit sau nu trecerea hidrogenului, a oxigenului etc.

Toate tipurile de oțel-carbon și de oțel aliat permit trecerea hidrogenului atomic, dar intensitatea de producere a spargerilor prin fragilizare depinde de puritatea oțelului (oțelul necalmat eterogen din cauza icluziunilor, a segregațiilor lor etc.) și de natura și cantitatea elementului de aliere. De exemplu, Si, Ni și Cu nu au nici o influență, în timp ce 3% Cr produce un salt în mărirea rezistenței la H_2. Wolframul este mai eficace decît cromul, iar molibdenul mai bun decît wolframul. Viteza de coroziune depinde deci de natura metalului (aliajului), de temperatură și de condițiile în care se lucrează. În tabelul 1 se dau vitezele de coroziune ale diverselor aliaje (oțeluri) utilizate în echipamentele energetice în valoarea penetrației în timp, temperatură și mediu (apă, abur). Se remarcă influența cromului asupra acestor viteze de coroziune, de unde și tendința în continuă creștere de a se utiliza oțeluri aliate cu crom, în locul celor slab, dar complex aliate, de tipul Cr—Mo—V.

Metoda de testare a sensibilității la coroziune a metalelor este impusă prin normă standardizată în vederea aplicării ei în mod unic în toate sectoarele industriale. Viteza de coroziune se exprimă în general în mili/an, după formula lui Marc Fontana (1945) :

$$\frac{53\,400\ W}{DAT} = \text{mili/an},$$

în care :

W este pierderea în greutate, g ;
A — suprafața (testată), cm^2 ;
D — densitatea materialului sau a epruvetei de încercare, g/cm^3 ;
T — timpul sau durata încercării, ore.

Rezultatele încercărilor la coroziune pot fi date în :

— mili/an (1 mil = 25 μm) ;
— mg/dm^2, zi ;
— pierderi de greutate în procente etc.

În funcție de mărimea intensității de coroziune (deci de penetrație) se folosește următoarea clasificare ;

— clasa A, viteze de penetrație : 5 mili/an ;

Tabelul 1

Oxidarea în aer şi abur a oţelurilor termorezistente — penetraţia în mili —

Mediul de oxidare	Temperatura, °C	Timpul, h			
		100	1000	10 000	100 000
Oţel carbon (max. 0,2% C—Mn=1,0—1,3%)					
aer ...	450	0,15	0,42	1,3	3,8
	540	0,35	1,0	2,8	8,6
	620	0,7	3,2	14,8	68,0
abur ...	450	—			
	540	0,23	0,72	2,2	7,0
	620	2,7	8,8	29,0	96,8
Oţel Mo (max. 0,25% C, max. 0,50% Mo, temperatura utilizată : max. 450°C)					
aer ...	450	0,12	0,23	0,44	0,82
	540	0,216	0,58	1,58	4,4
	620	1,4	3,5	10,4	40,1
abur ...	540	0,175	0,57	1,9	6,6
	620	1,3	6,2	30,0	124,0
Oţel inoxidabil (max. 0,15% C, Mn = 1%, Si = 1%, Cr = = 11,5 — 13,5%)					
aer ...	450	0,04	0,027	0,052	0,15
	540	0,037	0,068	0,125	0,23
	620	0,074	0,18	0,42	1,0
abur ...	450	0,036	0,16	0,62	0,95
	540	—	—	—	—
	620	0,019	0,29	0,8	1,3
Oţel Cr—Mo (max. 0,2% C, Cr = 1,25%, Mo = 0,5%, temperatura maximă utilizată 565°C)					
aer ...	450	0,095	0,19	0,53	1,9
	540	0,15	0,45	1,4	4,3
	620	0,55	2,5	11,5	53,0
abur ...	450	0,099	0,18	0,36	0,62
	540	0,2	0,62	1,88	5,6
	620	1,2	3,6	9,4	26,5
Oţel Cr — Mo (max. 0,18% C, Cr = 2,5%, Mo = 1,0%, temperatura maximă de utilizare 570°C)					
aer ...	450	0,07	0,22	0,58	1,6
	540	0,1	0,41	1,75	7,4
	620	0,27	1,09	4,1	16,0
abur ...	450	—	—	—	—
	540	0,8	2,1	5,4	14,0
	620	1,3	3,6	8,2	21,0
Oţel carbon (max. 0,32%C, temperatura maximă de utilizare 450°C)					
aer	450	0,12	0,22	0,57	1,55
	540	0,38	0,68	2,0	6,0
	620	0,68	1,61	14,0	105,0
abur ...	450	0,10	0,21	0,43	0,90
	540	0,22	0,50	1,2	2,7
	620	1,25	5,8	28,0	102,0

Observaţie: Valorile de oxidare pentru 100 000 h sînt extrapolate de la 10 000 h.

— clasa B, viteze de penetraţie : 5—50 mili/ /an ;

— clasa C, viteze de penetraţie : peste 50 mili/ /an (clasa materialelor neadmise).

3. Fenomene pe partea de apă în tubulatura cazanelor de abur din sistemul energetic al R.S.R.

Suprafeţele de fierbere în cazane cu debit de şi peste 420 t/h, indiferent de tipul constructiv, circulaţia naturală sau trecere şi străbatere forţată, sînt plasate în incinta focarului şi sînt cunoscute ca :

— subansamblul ecran (vaporizator) la cazanele cu circulaţie naturală ;

— zona inferioară de radiaţie la cazanele cu circulaţie forţată.

3.1. *Subansamblul ecran*

La cazanele cu circulaţie naturală, apa rămasă în tambur se recirculă, ajungînd din nou în focar. Procesul se repetă de foarte multe ori şi apa se îmbogăţeşte din ce în ce cu impurităţile introduse prin apa de alimentare. Substanţele solide dizolvate, prin concentrare, pot atinge limita de saturaţie şi precipită sub forma unei cruste, depozit, pe pereţii interiori, calzi ai tubulaturii. Tipul de depozit format depinde de :

— calitatea apei tratate şi tratamentul chimic utilizat ;

— limita admisă de concentrare a substanţelor solide în suspensie ;

— contaminarea din apa de alimentare ;

— valoarea supaîncălzirii pe suprafeţele schimbătoare de căldură ;

— metoda de oprire sau de scoatere din funcţiune a agregatului etc.

Crusta formată din precipitare este în stare cristalină, cu direcţia de cristalizare perpendiculară pe peretele ţevii (pe direcţia fluxului termic), dură prin interferenţa intimă a acestora, formată în special din silicaţi de calciu ş.a. Această crustă funcţionează ca un izolator, împiedicînd schimbul de căldură la interfaţa metal-apă (fig. 1), ceea ce duce la o transformare apă-abur cu randament scăzut şi la o supraîncălzire locală a metalului (ţevii), care, în acest caz, nu mai este răcit din interior.

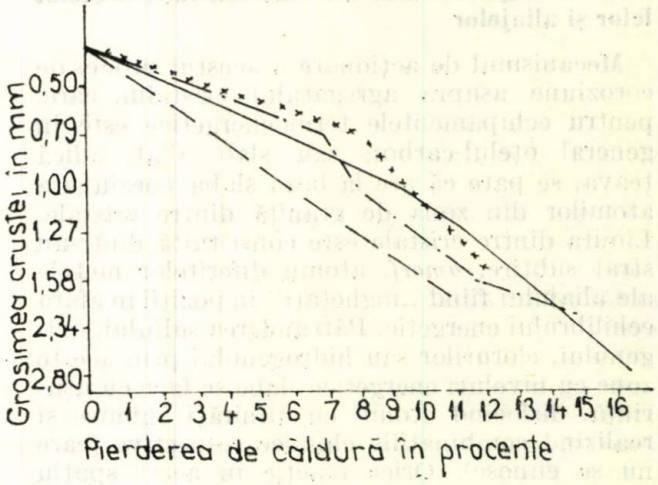


Fig. 1 —— crustă dură, în special sulfaţi ; ××× crustă dură, în special carbonaţi ; —·—·—· crustă moale, în special sulfaţi ; — — — — crustă moale, în special carbonaţi.

La cazanele urmărite se constată fenomene nete după tipul de cazan, cu puţine diferenţieri de la agregat la agregat în cadrul aceluiaşi tip. Astfel :

— La caznele cu circulaţie naturală, cazane de 420 t/h pe gaze sau pe păcură, fenomenul de spargere a ţevii este localizat în două zone distincte :

— pe treapta a II-a de vaporizare (apă recirculată îmbogăţită în impurităţi). Stratul de depuneri atinge grosimi destul de mari, de ordinul milimetrilor şi ţeava se sparge, după o prealabilă deformare locală („guşă"). Din practica exploatării grosimea crustei depuse pentru o funcţionare fără probleme este de maximum 3 mm şi pe acest fapt se bazează şi controlul periodic care se face. Intervalul de înlocuire (de atingere a grosimii de 3 mm) este de 2—4 ani, în funcţie de centrala electrică (de modul în care este tratată apa, instalaţia de epurare chimică proprie, unică pe centrală). Acest fenomen este întîlnit la toate agregatele tip TGM—84 şi la cazanele de acelaşi tip CPG—420 ;

— pe treapta I de vaporizare, în zona ambrazurilor şi a arzătoarelor. Spargerile sînt sporadice, dar modul de spargere este identic. Ţevile se deformează local, fac pori sau fisuri în lung şi la secţionare prezintă în interior acelaşi strat dur cenuşiu. Cauza formării acestor depuneri o constituie evident temperatura ridicată (atingeri de flacără, zone mai calde), cu acţiune locală. Fenomenul de depunere (prin concentrare locală a soluţiilor alcaline) este declanşat de micile neregularităţi de pe suprafaţa interioară în care se produce o evaporare bruscă la supraîncălziri.

Spargerile de pe treapta I de vaporizare pot fi prevenite ; ele depind în mare măsură de calitatea meterialului (finisarea suprafeţei interioare a ţevii) şi de modul de exploatare. Spargerile de pe treapta a II-a sînt inerente, proiectantul însuşi prevăzînd constructiv această eliminare de concentraţii (prin purjare), pentru a proteja subansamblele din zona convectivă. O înlocuire la timp a ţevilor cu depuneri (după cîţiva ani de exploatare zona respectivă poate fi bine delimitată), la una din reparaţiile planificate, duce la o funcţionare fără opriri şi avarii. De altfel, acest lucru s-a demonstrat ; la cazanele tip TGM—84 şi CPG—420 nu s-au întîlnit spargeri de ţevi de supraîncălzitor prin coroziune sub tensiune, deci îmbogăţirea în impurităţi pe treapta a II-a de vaporizare este eficientă şi nu contaminează aburul care intră în subansamblele din zona convectivă.

La cazanele cu circulaţie forţată, în majoritatea pe combustibil solid (lignit sau mixte + + huilă), apar spargeri sporadice în zona inferioară de radiaţie (suprafaţa de fierbere) întîlnite mai des la agregatele care ard lignit.

3.2. *Subansamblul supraîncălzitor*

Pe subansamblele schimbătoare de căldură — supraîncălzitoare — incidentele produse prin spargeri de ţevi au fost mai rare şi în general legate de alte fenomene fizico-mecanice, între care primul loc îl ocupă eroziunea. Cu toate că unii cercetători introduc şi eroziunea în domeniul larg al uzării — legat de deteriorarea materialului — el rămîne prin excelenţă un fenomen fizic. La cazanele cu circulaţie naturală, practic, nici o rupere a unei ţevi de supraîncălzitor nu s-a datorat acestui fenomen. În literatura de specialitate sînt descrise cazuri de rupere prin coroziune sub tensiune *numai la cazanele cu circulaţie naturală*, la cazanele cu circulaţie forţată limitele indicatorilor de apă fiind mult mai restrictive, cazurile sînt foarte rare. La echipamentele noastre acest fenomen nu a fost urmărit în mod special, ţevile sparte analizate (unele, nu toate) nu au prezentat întotdeauna un aspect datorat unei singure cauze. Se poate spune că pînă în 1978 spargerile prin coroziune au fost rare şi legate mai mult de deficienţe de proiectare sau de unele cauze incidentale. Se exemplifică :

3.2.1. Spargerile repetate pe un pachet din tubulatura ZIR la un cazan tip PK—55 (circulaţie forţată) în 1976. La examinarea secţiunii, prin tăiere, se constată un strat de cîţiva milimetri de oxizi, dur şi aderent. S-au înlocuit ţevile cu strat de oxizi pe interior (magnetită) şi spargerile au încetat. Incidentul a avut loc numai pe un pachet din corpul B al agregatului, celelalte agregate similare din componenţa centralei nemanifestînd nici o avarie în zona respectivă. Oţelul tubulaturii cu depuneri fiind 12 H 1 MF (1 Cr—0,5 Mo—V), sensibil la procesele de coroziune a fost supus la un moment dat pe un interval relativ scurt, la acţiunea coroziunii sub tensiune datorită unei schimbări în viteza de circulaţie (încălzire termică inegală, variaţii de debit etc.), care în cîteva ore a amorsat fenomenul de coroziune prin distrugerea locală a stratului (crustei). Schimbarea ţevilor cu depuneri la interior a înlăturat sursa de coroziune, iar condiţiile care au dus la iniţierea coroziunii nemaifiind prezente, fenomenul a fost înlăturat. Spargerile în această zonă nu s-au mai repetat de atunci. Asemenea spargeri au mai avut loc şi la alte agregate de cazan (este adevărat sporadic), în majoritatea cazurilor găsindu-se un corp străin care a obturat secţiunea. În asemenea situaţii de obturare spargerile se datoresc unei evidente suprasolicitări termice (ţeava nu mai este răcită), ele fiind mai totdeauna asociate şi cu procese de coroziune (ca fenomen colateral). Asemenea cazuri nu sînt date ca exemple tipice de ruperi prin coroziune sub tensiune.

3.2.2. Înlocuirile şi modificările operate pe supraîncălzitoarele II A şi III la cazanele de 525 t/h (R.S.C.) în anul 1976. Zona în care sînt plasate aceste supraîncălzitoare suspendate la acest tip de cazan era foarte fierbinte şi fluxul termic realiza un cîmp termic foarte neomogen,

astfel încît serpentinele laterale se încălzeau pînă la ,,roşu''. Această neomogenitate termică cu valori ridicate de supraîncălziri a dus la formarea locală (în special la coturi) a straturilor de oxizi activi, atît în interior, cît şi în exterior

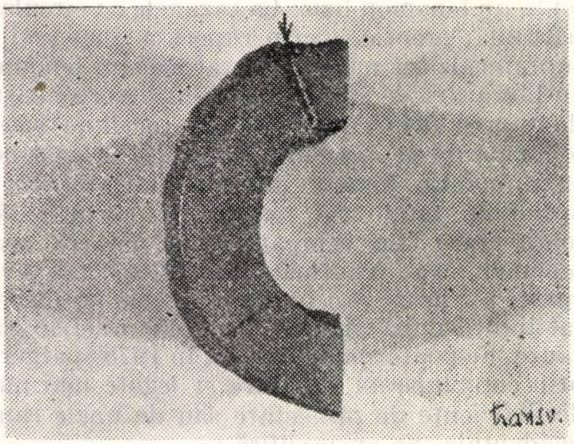


Fig.2. Transversal. Supraîncălzitor III în Ø 31,8 × 6 mm, oţel 10 Cr Mo910, cazan 1035 t/h.

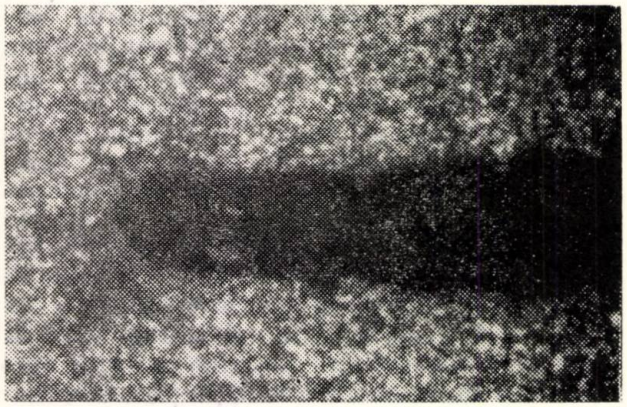


Fig. 3. Transversal. Supraîncălzitor III cazan 1035 t/h (100 :1)

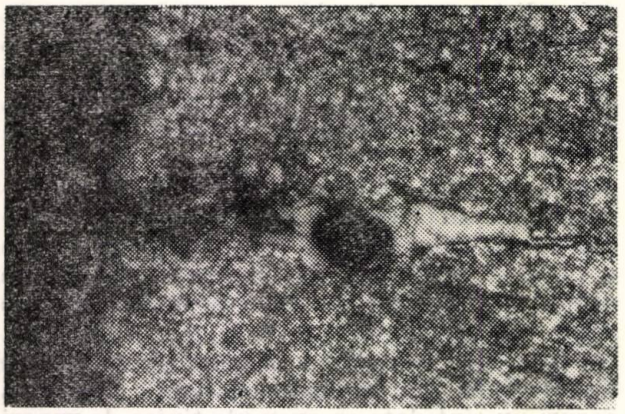


Fig. 4. Transversal. Supraîncălzitor III, cazan 1035 t/h (80 :1) Nital.

şi, implicit, la spargeri violente de ţevi după numai cîteva sute de ore de funcţionare; în acest caz fenomenul de coroziune a fost declanşat de greşeli de proiectare. Modificările operate au dus apoi la o funcţionare fără incidente.

3.2.3. Din 1975—76 pe tubulatura din oţel 15 225, supraîncălzitoarele 4 şi 5 de la cazanele VZKG 350—400 care ard lignit din bazinul estic apar spargeri ,,explozive'' cu smulgere de bucăţi de material din peretele ţevii. Ţeava nu se deformează în prealabil, iar spargerea este spontană şi foarte distructivă pentru mediul înconjurător. Acesta pare a fi un caz tipic de spargere sub tensiune. Fenomenul nu a fost analizat în detaliu, deoarece concomitent cu aceste ruperi se întîlneau şi spargeri prin eroziune (erodarea peretelui ţevii sub grosimea critică, deformare puternică şi rupere cu deschidere în lung). Combustibilul ars în aceste cazane fiind cărbunele inferior (lignit,) cu procent ridicat de SiO_2 în cenuşa zburătoare, nu este de mirare violenţa şi intensitatea fenomenului de eroziune.

3.2.4. Un aspect nou îl prezintă spargerile de ţevi de la cazanele grupurilor mari, începînd cu anul 1978. La tubulatura cazanelor de 1035 t/h şi la cazanele noi de 645 t/h s-au produs cîteva spargeri violente de ţevi după un număr mic de ore de funcţionare. S-au analizat cîteva dintre ţevile sparte şi s-a constatat că ele au, indiferent de furnizor şi de agregatul în care au fost montate, unele caracteristici comune :

— spargere violentă cu fisură în lung, fără o deformare prealabilă evidentă ;

— spargerea are loc la un număr relativ mic de ore de funcţionare (3000—5000) ;

— *toate ţevile* (*cele analizate*) prezentau la interior defecte pe margini ca sufluri, pori şi goluri de profunzime cu aspect de canal îngust de 0,1—0,2 mm lăţime, pe o adîncime de ordinul milimetrilor (1—3) aşa cum se observă în figura 2. Ruperea a fost amorsată de golul cu pereţii paraleli (săgeata din figură), iar modul de producere violent şi în interval de timp scurt, demonstrat prin fisurile radiale realizate. Ţeava este din oţel 10 CrMo 910(2.2 Cr—1Mo). Pe marginile interioare, pe întreg conturul, inclusiv suflurile şi golul cu vîrf rotunjit (fig. 3) se constată procese active de coroziune de formă acidă (strat dur, aderent) cu strat deja format şi acţiune intergranulară (fig. 4—5). Coroziunea a fost declanşată de golurile radiale care au permis concentrarea de soluţii acide, dar ruperea nu s-a produs în urma acţiunii coroziunii de tensiune. Zona puternic deformată pe circa 1 mm din capătul golului (ruptură) (fig. 6) arată clar o solicitare sub limita de curgere a materialului ţevii.

Un alt exemplu de rupere de ţeavă dintr-un oţel tot slab aliat Cr—Mo—V de furnitură R.S.C. poate fi menţionat la un cazan de 645 t/h, supraîncălzitorul 6. Şi aici ruperea este plasată pe un gol radial care ocupă circa 90% din grosimea peretelui ţevii. Ruperea acestei ţevi se datorează unei suprasolicitări mecanice şi nu coroziunii de cazan.

Fig. 5. Transversal. Supraîncălzitor III, cazan 1035 t/h (500 :1)

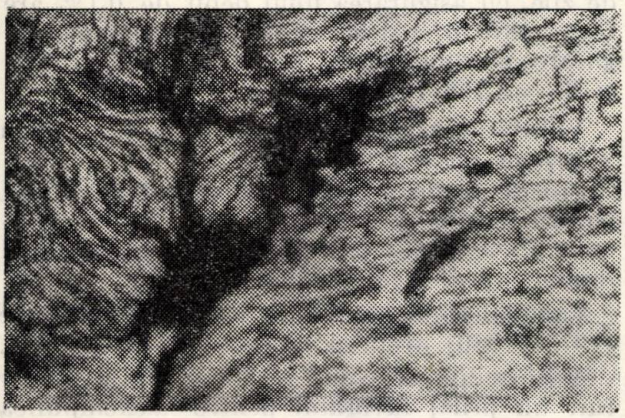


Fig. 6. Transversal. Supraîncălzitor III, cazan 1035 t/h)(500 :1)

Exemplele de mai sus demonstrează apariţia fenomenului de coroziune sub tensiune prin concentraţii locale de soluţii — acide sau alcaline — acolo unde marginile interioare ale ţevii prezentau defecte. Aceste goluri adînci, radiale, cu vîrf rotunjit, sînt realizate în tehnologia de laminare şi ar fi trebuit să fie eliminate prin proba hidraulică obligatorie, anterioară montării (în obligaţia furnizorului) sau la proba hidraulică de PIF. Cazurile întîlnite la cazanele din R. S. R. ilustrează faptul că acolo unde aceste goluri nu sînt suficient de adînci ele pot funcţiona cîtva timp pînă la rupere şi deci există posibilitatea ca acest gen de spargeri pe ţevi cu defecte să se mai repete. Desigur că eliminarea lor se va face în funcţionare, treptat, în funcţie de ordinul de mărime al golului radial sau al defectelor de suprafaţă (pori, sufluri etc.).

Concluzii

Coroziunea de cazan este un proces distructiv care acţionează pe partea de apă şi abur a tubulaturii echipamentelor energetice, atît la temperaturi scăzute, cît şi la temperaturi ridicate, în prezenţa sau în absenţa presiunii. Cauza apariţiei acestui proces o constituie concentraţia locală de soluţii acide sau alcaline. Factori care declanşează acest fenomen sînt multiplii şi ţin de proiectare, exploatare şi calitatea materialului. Eliminarea zonelor şi înlăturarea factorilor care declanşează acest proces de coroziune sub tensiune se face de la caz la caz şi nu se poate recomanda un remediu universal.

Bibliografie

[1] * * * *ASM — Metals Handbook*, vol. I, p. 257—281, p. 552—576. şi 564

[2] Bosich, F. I. *Prévention de la corrosion.* Entreprise moderne d'edition, Paris, 1972.

[3] Evans, R. U. *An introduction to metallic corrosion.* Eduard Arnold Ltd., Londra, 1963.

[4] Dieter, G. E. *Metalurgia mecanică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

[5] Cron, C. J. ş.a. *Comportarea la dizolvare a sistemului $Fe—Fe_3$ în funcţie de pH potenţial şi anion—un studiu de microscopie electronică.* În : Corrosion, nr. 1, 1971.

[6] Tylecote, R. F. şi Appleby W. *K. Some factors influencing the adherence of oxides on metals.* În : W. und K, nr. 10, 1972.

[7] Holmes, D. R. şi Pascoe, R. T. *Strain/oxidation interactions in steels and model alloys.* În : W und K, nr. 10, 1972.

[8] Holmes, D. R. şi Whitlow W. H. *Impressions and conclusions of the Conference on mechanical proprieties and adherence of scale layers and their influence on the oxidation of metals.* În : W und K, nr. 9, 1972.

[9] Stringer, J. *Stress generation and adhesion in growing oxide scales.* În : W und K, nr. 9, 1972.

[10] Strafford, K. N. *Microstructural features of scales and their likely influence on creeps behaviour.* În : W und K, nr. 9, 1972.

(primit la 13 aprilie 1981, acceptat la 13 septembrie 1982)

Experiment de spălare a depunerilor de aluviuni și dificultăți la prizele centralelor hidroelectrice de pe Olt la viitura din mai 1981

Ing. S. Cerchez *

Perioadele de viitură în amenajările de joasă cădere, cu acumulări de volum mediu sau mic reprezintă perioade de vîrf și de efort în exploatarea centralelor electrice, a barajelor și a lacurilor de acumulare, avînd în vedere :

— asigurarea condițiilor pentru tranzitarea corectă a undei de viitură ;

—menținerea în stare de funcționare la puterea nominală a centralelor, în condițiile aglomerării plutitorilor la grătarele prizelor turbinelor ;

— intensificarea colmatării lacurilor, ca urmare a creșterii considerabile a debitului solid transportat.

Pentru a pune la dispoziția celor interesați un material de informare din practica de exploatare, precum și pentru susținerea unor puncte de vedere privind problemele respective, se vor prezenta în cele ce urmează aspecte specifice din amenajarea Olt, în special privind acumularea Dăești, legate de viitura din luna mai 1981.

În tabelul 1 se prezintă principalele date caracteristice ale amenajărilor de pe Olt aflate în exploatare în prezent. Trebuie menționat faptul că amenajarea se compune numai din centrale de tipul centrală-baraj și deci nu are canale de derivație.

* Ing. Sever Cerchez este inginer principal II la CIPEET.

În ultimii ani pe rîul Olt s-au produs importante viituri, dintre care se evidențiază ;

— viitura din anul 1970, din ploi, cu aria de formare în amonte de Rîmnicu-Vîlcea (Q_{max}= =1715 m³/s, $W = 2{,}14 \cdot 10^9$ m³, $t = 30$ zile) ;

— viitura din 1972, din ploi de toamnă predominante în aval de Rîmnicu-Vîlcea (Q_{max}= = 1020 m³/s, $W = 1{,}8 \cdot 10^9$ m³, $t = 30$ zile) ;

— viitura din 1975 din ploi torențiale pe întreaga suprafață a bazinului ($Q_{max} = 2134$ m³/s, $W = 1{,}44 \cdot 10^9$ m³, $t = 26$ zile).

În secțiunea Rîmnicu-Vîlcea viitura de 20 de zile, cu asigurarea unui debit de 0,1% are Q_{max}=4872 m³/s și W=2,73·10⁹ m³ ; cea cu asigurarea de volum de 0,1% are Q_{max}=57587 m³/s și $W = 3{,}158 \cdot 10^9$ m³.

Viitura cu asigurarea de debit de 1% are un volum de circa 1 miliard m³.

Stocul mediu anual de debit solid calculat pentru secțiunea Rîmnicu-Vîlcea, pentru perioada 1952—1977, este de 1,7 mil. t, revenind lunilor aprilie, mai, iunie.

Calculul făcut pentru perioada de exploatare (1975—1980) arată o creștere de circa 50%.

Viitura din perioada 7—16 mai 1981 a constituit un prilej favorabil pentru a exemplifica efectul și aspectele tehnico-economice ale metodei de evacuare a depunerilor (decolmatare) dintr-un lac de acumulare prin golire și spălare în perioadele cu debite mari, precum și pentru punerea în evidență a unor dificultăți în menținerea funcționării centralelor la puterea nominală.

În urma ploilor cu caracter torențial din bazinul Oltului superior în perioada amintită, prin cascada de lacuri de pe rîul Olt, s-a tranzitat o undă de viitură al cărei debit maxim a avut valoarea de 1550 m³/s. Viitura, caracterizată

Tabelul 1

Principalele date caracteristice ale amenajărilor de pe rîul Olt (în funcțiune în anul 1982)

Nr. crt.	Centrala	Anul punerii în funcțiune	Putere instalată, MW,	Cădere brută, m	Volumul brut inițial 10^6 m³	Volumul util inițial (tot/energ.) 10^6 m³	Gradul de colmatare în 1979, %	Q_{max} deversare, m³/s	Q 0,1%, m³/s
1	Turnu	1982	2×35	24	13,1	8/8	—	5350	4730
2	Călimănești	1981	2×19	14,5	4,57	1,5/1,5	—	5350	4790
3	Dăești	1976	2×18,5	13,5	11,2	4,5/4,5	37	5130	4860
4	Rîmnicu Vîlcea	1974	2×23	16,5	19	10,7/6,0	36	6200	4900
5	Rîureni	1977	2×24	18	7,3	3,2/3,2	24	5470	4925
6	Govora	1975	2×22,5	15,5	18,5	10,3/4,0	26	5470	4935
7	Băbeni	1978	2×18,5	14	59,6	32,2/17,5	—	5900	4980
8	Ionești	1978	2×19	14	25,0	15,1/8,4	—	5900	5020
9	Zăvideni	1979	2×19	14	45,0	32/15,0	—	5700	5030
10	Drăgășani	1980	2×22,5	16	48,0	37/14,6	—	5700	5040
11	Strejești	1979	2×25	18	202,7	162/136,0	—	6900	5060
12	Arcești	1980	2×19	14	43,4	33,6/20,3	—	5300	5090
13	Slatina	1981	2×13	10,0	15,6	4,63/4,63	—	5160	5100

printr-o creştere rapidă a debitului — de la 450 m³/s la 1500 m³/s în 24 ore — cu aportul său de plutitori (fig. 1) şi debit solid a dus la înfundarea din ce în ce mai accentuată a grătarelor turbinelor de la primele două centrale, Dăieşti şi Rîmnicu-Vîlcea, ajungîndu-se ca după prima zi diferenţa de nivel pe grătarele de la

Fig. 1. Plutitori care ajung la prizele turbinelor.

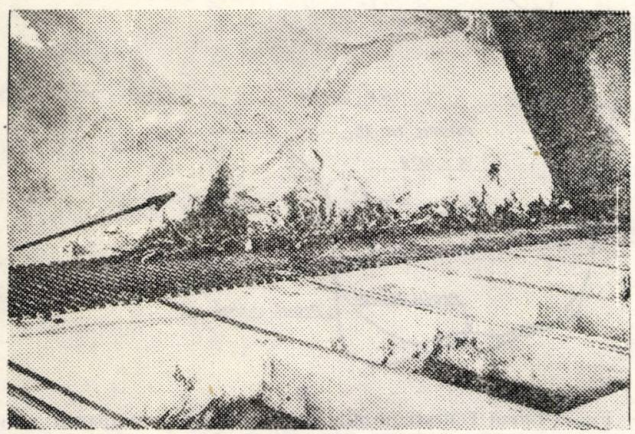


Fig. 2. Grătarele turbinelor rămase libere pe o înălţime de numai 1 m.

CHE Dăieşti să depăşească 2 m. La scăderea cotei în lacul Dăieşti, în ziua de 8 mai, s-a constatat că grătarele turbinelor mai rămăseseră libere pe o înălţime de aproximativ numai 1 m (fig. 2), ceea ce a condus la oprirea centralei. S-a luat decizia golirii lacului Dăieşti, menţinerea în stare golită pentru spălare, urmată de reumplere şi repunerea în funcţiune a centralei. Graficul golirii şi umplerii lacului Dăieşti este prezentat în figura 3.

În perioada în care lacul a fost gol s-a procedat la degajarea grătarelor turbinelor, evacuînd mîlul şi plutitorii cu ajutorul unui excavator şi al unui buldozer (fig. 4).

Atît din observaţiile vizuale (fig. 5 şi 6), cît şi din compararea datelor topobatimetrice din anul 1979 cu cele de după spălare, rezultă în mod concludent eficacitatea golirii şi spălării lacului Dăieşti (fig. 7).

Operaţia de spălare a fost favorizată de debitele de peste 500 m³/s, care au durat 6 zile după vîrful viiturii.

Calculele estimative efectuate au dus la concluzia că volumul de depuneri antrenat din lac în

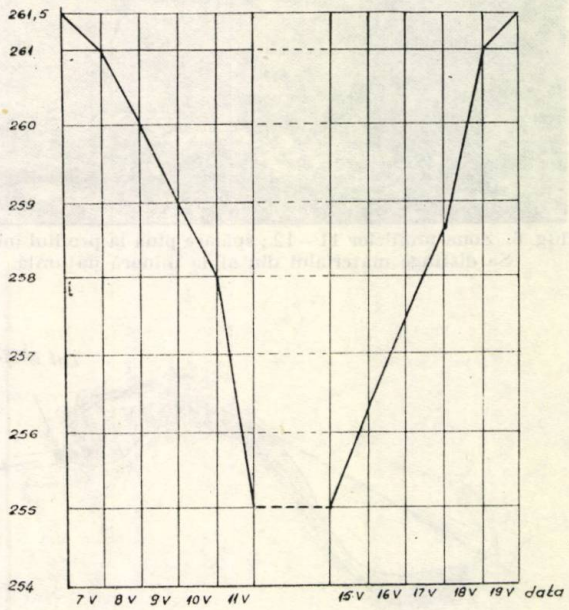


Fig. 3. Graficul golirii şi umplerii lacului Dăieşti.

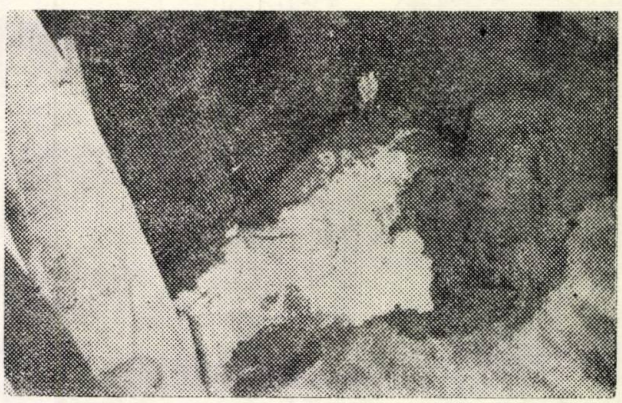


Fig. 4. Grătarul prizei după degajarea depunerilor cu excavatorul.

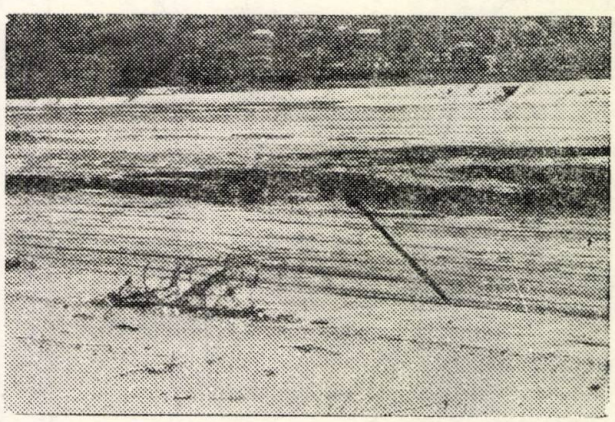


Fig. 5. Zona profilelor 6—7; grosime maximă a depunerilor; antrenări maxime.

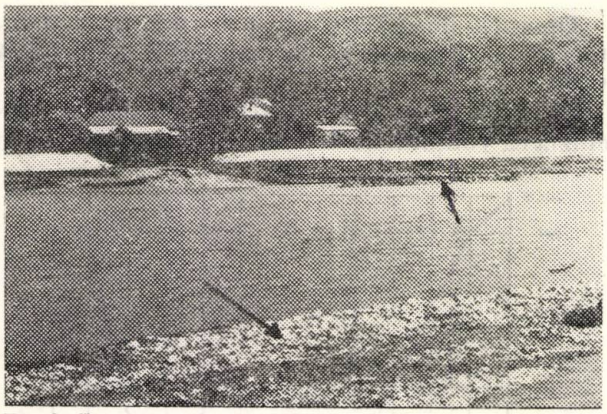
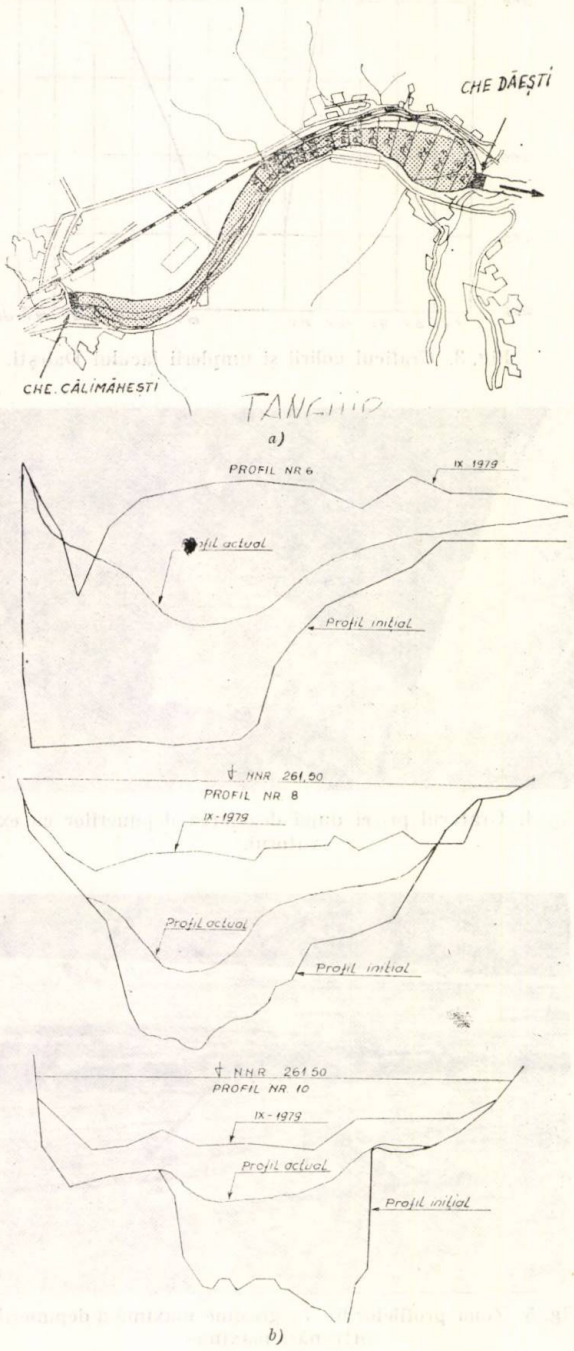


Fig. 6. Zona profilelor 11—12 ; spălare pînă la profilul inițial. Se distinge materialul din albia minoră naturală.



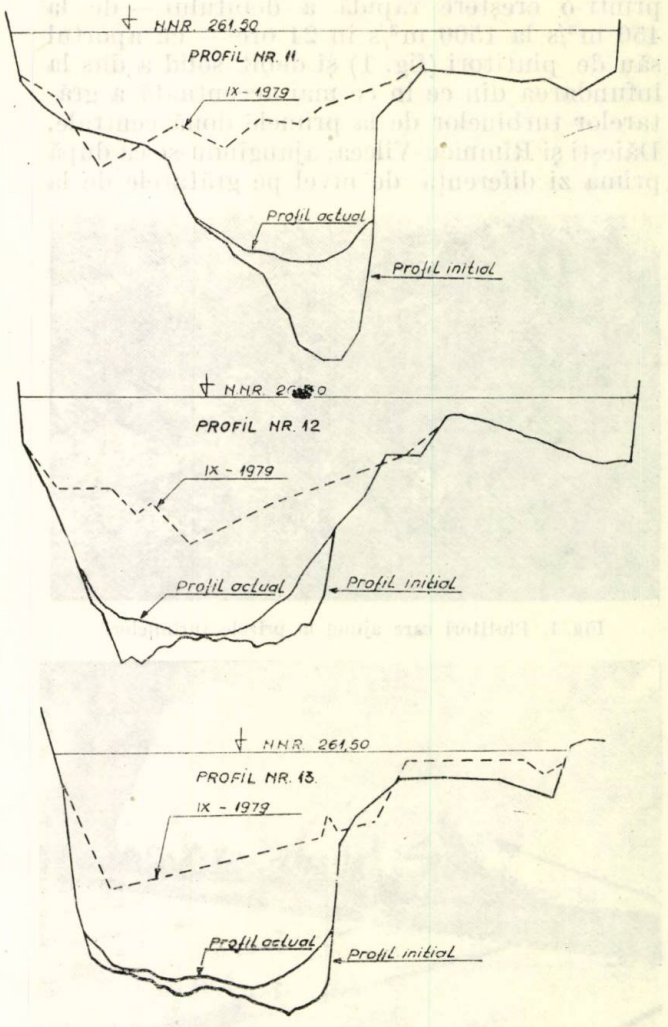


Fig.7. Lacul Dăiești, profile topobatimetrice comparative în diferite secțiuni.

perioada respectivă, a fost de cel puțin 2,0 mil. m³ (7,7 mil. volum lac iunie 1981 — 7,1 mil. volum lac septembrie 1979, plus 1,4 mil. depuneri în 1979—1981), la care se adaugă un volum de cel puțin 1 mil. m³ debit solid adus de viitură, care nu s-a mai depus în lac.

De la baraj și pînă în profilul 6, pe zonele laterale, s-au constatat depuneri de circa 800 mii m³, dintre care unele probabil anterioare viiturii din mai 1981

Energia electrică neprodusă în perioada opririi CHE Dăiești a fost de circa 8 mil. kWh, din care circa 5 mil. kWh revin perioadei de golire și umplere a lacului, cînd s-a respectat viteza de golire și umplere prescrisă de proiectant, de 1 m pe zi. Această restricție este exagerată și cel puțin la umplere nu se justifică nici o limitare a vitezei de creștere a nivelului. În acest mod se poate prelungi durata de spălare sau se poate reduce durata golirii și umplerii, astfel încît energia neprodusă, aferentă celor două faze, se reduce la jumătate sau chiar mai

mult. În aceste condiții consumul specific de apă pentru spălarea unui metru cub de depuneri este estimat la 100—120 m^3/m^3.

Avantajul energoeconomic al decolmatării prin spălare este evident față de mijloacele de decolmatare mecanizată sau prin hidromecanizare, care pentru un volum de 2 mil. m^3 ar fi reprezentat costuri de circa 40—50 mil. lei, cu ocuparea unor suprafețe de teren și necesitînd de asemenea, în cazul dragajului, un consum important de energie electrică (circa 10—12 mil. kWh). Aceste rezultate confirmă datele similare din literatura de specialitate [3].

De menționat că la viitura din iulie 1975 lacul Rîmnicu-Vîlcea a fost golit pentru degajarea grătarelor de la prizele turbinelor. Măsurătorile efectuate în aprilie 1975 și în septembrie 1975 au arătat depuneri în lac de circa 2,5 mil m^3.

Pe lîngă constatările și concluziile cu privire la eficacitatea decolmatării lacurilor prin golire în perioadele de ape mari, cu prilejul viiturii din mai 1981 s-au confirmat încă o dată unele neajunsuri ale soluțiilor pentru prevenirea înfundării grătarelor și pentru evacuarea plutitorilor, precum și particularitățile fiecărei centrale din punctul de vedere al amplasării sale pe întreaga cascadă și al conformației morfologice a lacului, barajului și prizelor turbinelor.

Centrala Rîureni, la care barajul și centrala sînt separate printr-un dig de legătură și există o grindă din floton în fața prizelor turbinelor, iar lacul are o formă rectilinie, a funcționat fără probelme pe întreaga perioadă a viiturii. La centralele Rîmnicu-Vîlcea, Govora și Arcești menținerea în stare de funcționare a grupurilor a fost posibilă numai cu concentrarea de forțe și mijloace suplimentare. A ieșit în evidență faptul că înfundarea grătarelor este favorizată de distanța de 120 mm dintre bare, luîndu-se hotărîrea ca aceasta să fie majorată la 180 mm. Considerăm că și această valoare poate fi pusă în discuție, ea fiind determinată printr-o formulă, empirică, în funcție de diametrul turbinei.

Neajunsurile de natură funcțională ale mașinilor de curățat grătarele sînt amplificate de capacitatea (productivitatea) lor redusă : o cursă a mașinii de curățat grătarul reprezintă numai 8% din suprafața grătarelor celor două turbine ale unei centrale.

Timpul total pentru o parcurgere completă a grătarelor la o centrală este de circa 150 min, din care numai 25% cursă, activă, restul fiind coborîrea greblei sau calare-decalare și mutarea mașinii de la un panou de grătar la altul. Aceste cifre sînt edificatoare pentru imposibilitatea de a acționa rapid în timpul viiturilor, cînd ritmul de înfundare a grătarelor este deosebit de mare.

Existența unui dispozitiv de mecanizării a evacuării plutitorilor mari (fig. 8) ar simplifica mult degajarea prizelor turbinelor, nemaifiind necesare mijloace și forțe suplimentare.

Existența unor lanțuri de flotoare în fața frontului centralei, care să ghideze plutitorii spre cîmpurile deversoare ale barajului ar ușura activitatea de degajare a grătarelor.

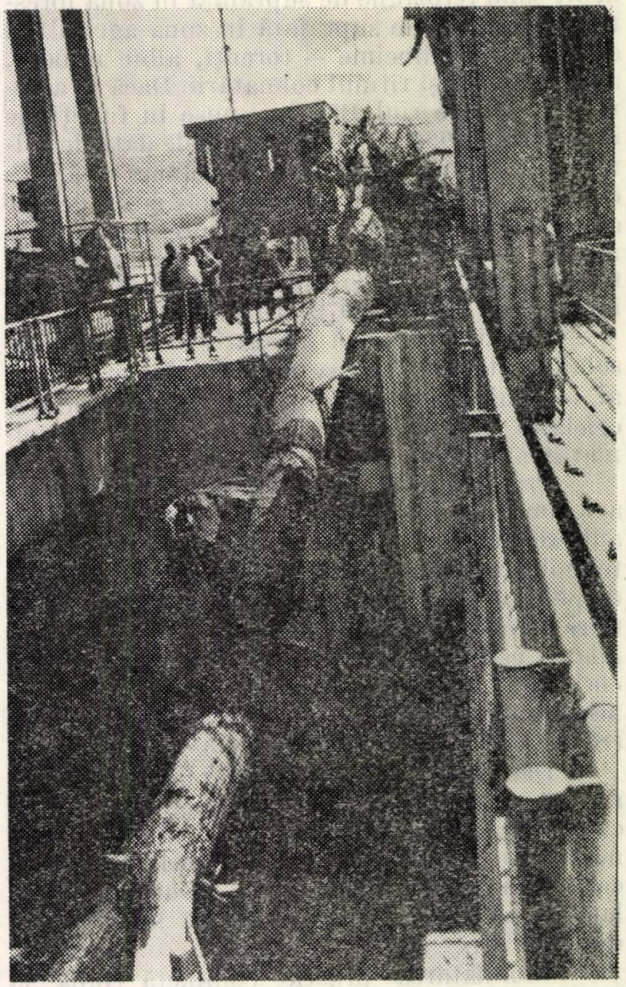


Fig. 8. Exemplu pentru dimensiunile unora dintre plutitorii aduși la prizele turbinelor.

S-au inițiat măsurile pentru îmbunătățirea situației la prizele turbinelor în perioadele de viituri, aplicarea lor necesitînd însă 1—2 ani, timp în care vor persista dificultățile constatate pînă în prezent.

Experimentările de la CHE Dăiești au pus în evidență eficacitatea decolmatării unui lac prin spălare. Cu totul altfel se pune problema în cazul unui număr mare de lacuri în cascadă, unele dintre ele cu volume mari, care este chiar situația cascadei de pe Olt.

Concluzii

— Realizarea și exploatarea lacurilor de acumulare și a amenajărilor în cascadă de pe rîurile Bistrița, Argeș și Olt au pus în evidență mai pregnant și în mod diferențiat, prin ritmul lor de colmatare, fenomenele de eroziune a solului, acesta putînd constitui un indicator de

evaluare a intensității eroziunii solului în bazinele respective.

— În funcție de specificul bazinului variază ponderea celor trei componente ale surselor de debit solid (eroziune de suprafață în zona forestieră, eroziune de suprafață în zona agricolă și eroziune de adîncime — torenți, albie minoră, albie majoră) și ritmul colmatării. Dacă în amenajările de pe rîul Bistrița, puse în funcțiune în perioada 1960—1966, problemele date de colmatarea lacurilor au fost și au rămas încă modeste, la amenajările de pe Argeș și de pe Olt aceste probleme au devenit preocupante la numai 3—5 ani de la punerea în funcțiune, fiind legate în special de perioadele de viituri importante (1970, 1972, 1975, 1981).

— Principalul efect negativ al eroziunii solului este diminuarea potențialului productiv al terenului, numai după aceasta situîndu-se celelalte efecte negative printre care și colmatarea lacurilor de acumulare.

— Principalul mijloc de combatere și limitare a colmatării lacurilor îl constituie lucrările antierozionale și, bineînțeles, aplicarea unor tehnologii corespunzătoare de lucru în culturile de pe terenurile agricole și în exploatările forestiere. De altfel, obligativitatea executării acestor lucrări este stabilită prin legislația în vigoare, ele fiind îndeosebi necesare acolo unde s-a atins limita admisă de intensitate a eroziunii (STAS 5432/2—78 și 9959—81).

— Dacă determinarea stocului lichid de pe un rîu este afectată de erori de pînă la 10%, în cazul debitelor solide aceste erori sînt mult mai mari. Acesta este unul dintre motivele pentru care ritmurile de colmatare a lacurilor, calculate la proiectare, sînt de regulă subestimate de 2—5 ori.

— Colmatarea practic completă (pînă la stabilizare) este un fenomen inevitabil la lacurile a căror exploatare în perioadele de debite mari — viituri — se face fără o coborîre accentuată a nivelului.

— În regimurile curente de exploatare colmatarea lacurilor nu afectează practic căderea centralei și din acest punct de vedere nu influențează negativ exploatarea energetică a amenajării.

— Numai în unele cazuri și numai pe anumite intervale de timp diminuarea volumului util al lacului prin colmatare poate influența sensibil regimurile curente de exploatare energetică. Nu acesta este cazul centralelor în cascadă, atunci cînd au același debit instalat.

— În cazul lacurilor cu volume relativ mici colmatarea modifică nivelurile remuului, la debite mari putîndu-se ajunge la inundarea unor terenuri sau obiective, inclusiv din cauza depășirii coronamentului digurilor la coada lacului. Acest efect poate fi contracarat fie prin decolmatarea parțială (șenalizare), fie prin supraînălțarea digurilor.

— Experimentul de la CHE Dăiești confirmă eficiența procedeului de decolmatare prin golirea lacului și spălarea în perioada cu debite mari.

— Dificultățile întîmpinate la curățirea grătarelor turbinelor în perioadele de viitură, pentru asigurarea funcționării centralelor la puterea instalată, au scos în evidență necesitatea înlocuirii actualelor mijloace de curățire și de evacuare a plutitorilor cu altele, avînd funcționalitate îmbunătățită și o productivitate mult sporită în comparație cu cele actuale.

Bibliografie

[1] * * * *Studiul funcționării CHE de pe rîul Olt, în condițiile asigurării unei protecții maximale împotriva colmatării.* Institutul politehnic București, 1981.

[2] Ionescu, F. *Considerații privind colmatarea acumulărilor.* În: Hidrotehnica, nr. 12, 1980.

[3] Cerchez, S. și Gheorghiescu P. *Exploatarea centralelor hidroelectrice.* Editura tehnică, București 1980 (traducere și adaptare din limba rusă).

[4] Gvelesiani, L. G. și Smalțel,. I. P. *Aluvionarea (colmatarea) lacurilor de acumulare ale centralelor hidroelectrice.* Energhiea, Moscova, 1968.

[5] Muhamej anov, F. *Metodă aproximativă de calcul al spălării biefurilor colmatate.* În: Ghidrotehniceskie stroitelstvo, nr. 6, 1962.

[6] Stern P. P. *Din experiența de exploatare a instalțiilor de reținere a plutitorilor la CHE V. I. Lenin de pe Volga.* În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 1, 1967.

[7] Zirianov, A. G. *Dinamica colmatării lacului de acumulare al CHE Ucikurgan.* În: Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 1, 1973.

(primit la 20 aprilie 1982, acceptat la 1 iulie 1982)

Asupra cîtorva aspecte tehnico-economice privind proiectarea și construcția microhidrocentralelor în cadrul IRE Suceava

Ing. Ov. Mustață, ing. R. Sfichi, ing. Ov. Lungu, ing. V. Fedorciuc și ing. D. Boșcoianu *

1. Considerații generale

1.1. *Necesitatea amenajării micropotențialului hidroenergetic. Situația în R.S.R.*

Utilizarea energiei apelor de pe teritoriul țării noastre are o veche tradiție. Folosirea roții de apă a apărut în Dacia încă înainte de venirea romanilor.

Este cunoscută în acest sens o construcție hidromecanică interesantă, „roata cu făcae" sau „ciutura", căreia i se mai spune „roata valahă", răspîndită pe întregul teritoriu al țării noastre, mai ales în Oltenia subcarpatică, în Banat și Muntenia, unde mai poate fi întîlnită și astăzi acționînd mori, piue, ferăstraie sau alte instalații din mica industrie tradițională sătească. Trecînd peste lunga perioadă a dezvoltării micilor amenajări cu caracter hidroenergetic de pe teritoriul țării noastre [15], este important de semnalat faptul că, la începutul programului de electrificare a R.S.R., întocmai ca și în alte țări, alături de realizarea unei rețele puternice de centrale hidroelectrice mari, s-a preconizat și construcția de microhidrocentrale (MHC). Dar tendința generală, din 1950 și pînă nu de mult, s-a axat pe creșterea puterii sistemului energetic pe calea construirii de centrale termo- și hidroelectrice de puteri tot mai mari. În această situație, MHC echipate cu turbine hidraulice de puteri mici și foarte mici au fost considerate neeconomice, iar realizarea lor a fost treptat abandonată. Mai mult decît atît, odată cu dezvoltarea rețelelor electrice de transport și distribuție ale sistemului Electroenergetic Național (SEN), s-a renunțat treptat la cea mai mare parte dintre amenajările microhidroenergetice existente, ele fiind înlocuite prin acționări cu motoare electrice racordate la aceste rețele.

Situația energetică actuală pe plan mondial, epuizarea progresivă a combustibililor clasici și scumpirea lor exagerată impun utilizarea tuturor resurselor energetice disponibile, inclusiv a celor secundare. Astfel, folosirea resurselor hidraulice de puteri mici și foarte mici a adus în actualitate problema realizării MHC.

Ținînd seama de „Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000", adoptat de Congresul al XII-lea al partidului, hotărîrea plenarei C.C. a P.C.R. din martie 1982 prevede ca pînă la finele anului 1985 să se amenajeze în țara noastră cel puțin 525 MHC și peste 1500 MHC pînă la sfîrșitul acestui deceniu [1].

Din punct de vedere economic trebuie precizat că studiile detaliate ale micropotențialului hidroenergetic al României, elaborate pe județe de întreprinderile de rețele electrice [2], atestă faptul că circa 1800 MHC, cu o putere totală de 900 W, și o capacitate anuală de producție de 2200 GWh/an, prezintă un cost sub 0,35 lei/kWh. Cele mai economice MHC sînt, în majoritatea cazurilor, concentrate pe rîuri învecinate, astfel încît apare o grupare a acestora pe anumite zone, pe unul sau mai multe rîuri. De asemenea, aceleași studii dovedesc că cele mai economice MHC sînt, în general, cele de puteri mai mari (peste 500 kW).

1.2. *Situația micropotențialului hidroenergetic în județul Suceava.*

În județul Suceava condițiile naturale oferă posibilități de amenajare a unui număr apreciabil de MHC [3], atît prin reactivarea și modernizarea vechilor amenajări la care s-a renunțat în etapa 1960—1970, cît și, mai ales, prin realizarea de noi amplasamente de MHC, avînd indicatori tehnico-economici ce se încadrează în prevederile Decretului 202/81. Astfel, micropotențialul hidroenergetic al cursurilor de apă din zona IRE Suceava, necuprinse în amenajările prevăzute de Consiliul Național al Apelor (CNA), este de peste 100 W și permite realizarea unui amplu program de construcție a MHC cu puteri unitare de 3—3 000 kW.

În cursul acestui cincinal [4], în județul Suceava urmează a fi puse în funcțiune 155 MHC, a căror putere instalată totală se estimează la circa 22 MW, cu o producție anuală de energie electrică de circa 80 GWh. Dintre acestea, 67 MHC, cu o putere instalată totală estimată la circa 16 MW și o producție anuală de energie electrică de circa 62 GWh, urmează a fi realizate ca investiții proprii de către IRE Suceava.

În baza acestui program, la IRE Suceava, începînd din 1980, funcționează un colectiv de proiectare profilat pe elaborarea documentațiilor de investiții pentru MHC, iar din 1981, în cadrul activității de construcții-montaj, funcționează un lot profilat, de asemenea, pe execuția acestui gen de lucrări.

* Ovidiu Mustață este directorul IRE Suceava, iar Romulus Sfichi, Ovidiu Lungu, Virgil Fedorciuc și Dorin Boșcoianu sînt proiectanți în cadrul aceleiași întreprinderi.

Principalele caracteristici ale M.H.C. proiectate

Nr. crt.	Denumirea MHC (cursul)	$\frac{Q_i}{Q_m}$, m³/s	H_n, m	P_i, kW	E_p, MWh/an	Aducțiune		
						Tip	Ø, mm	Lungime, m
								A. Etapa 1981—1982
1	BRODINA-1 (p. Brodina)	1,75 / 0,89	51,3	673	2.240	PREMO / Metal	1.200	3.810 / 600
2	PUTNA (p. Putna)	0,75 / 0,39	39,6	260	880	PREMO	800	2.500
3	ARINIȘ (r. Moldova)	3,8+1,7 / 17,7	5,0	154 / 60	1,850	Canal		1.711
4	VORONEȚ (p. Voroneț)	0,38 / 0,267	9,0	24	102	Metal (recup.)	800 / 600	150 / 350
5	MOARA-POCOLENI (r. Șomuz-acumul.)	1,0 / 1,0	5,0	32	191	Metal	1.000	30
6	FĂLTICENI (alim. cu apă)	0,5 / 0,375	88,1	2×200	1,523	Metal	500	70
7	HANEȘTI (r. Baseu-acumul.)	1,0+1,6 / 1,1	4,9	85	183	Metal	800	2×110
								B. Etapa 1982—1983
1—2	MILISĂUTI—1,2 (p. Sucevița)	1,75 / 1,44	7,7 / 5,8	106 / 68	707	Canal		1.050 / 950
3	DRACȘANI (p. Sitna-acumul.)	0,8 / 1,1	4,1	25	105	Sifon	1.000	35
4	NISIPITU (p. Nisipitu)	0,46 / 0,35	18,0	65	310	Canal / PREMO	deschis / închis / 600	450 / 150 / 560
5	BRODINA-2 (p. Brodina)	2,1 / 1,78	10,6	175	741	Canal		750
6—8	BARNAR—1,2,3 (p. Barnar)	1,03 / 1,29	3×20,0	3×160	3000	PREMO / PREMO / PREMO	1.000 / 800 / 800	500 / 880 / 950
9	PALTIN (r. Suceava)	1,6+1,6 / 3,7	7,1	2×95,5	876	Canal / PREMO	deschis / închis / 1.200	300 / 475 / 2×60
10	DIRMOXA (p. Negrișoara)	1,2 / 0,98	70,85	730	3523	PREMO / PREMO	1.000 / 600	4.250 / 590
11	VAMANU (r. Neagra-Br.)	2,0 / 1,66	65,0	673	4,233	PREMO / Metal	1.000	4.000
12	PANACI (p. Călimănel)	1,36 / 0,68	41	2×230	1.444	Canal / PREMO	800	1.600 / 8.50
13	EHREȘTE (p. Brodina)	1,2 / 0,63	70,5	660	2,149	PREMO / Metal	1.000	2.900 / 2.100
								C. Etapa 1982—1983
1	DORNIȘOARA (r. Dorna)	2,5 / 1,47	92,0	2050	6,575	SENTAB / Metal	1.400 / 2×Ø1000	4.750 / 3.000
2	SADAU (p. Sadău)	0,6 / 0,35	110,0	563	1.500	PREMO / Metal	800 / 800	3.000 / 1.800
3	TIBENI (r. Suceava)	8,6 / 12,7	5,7	2×228	2.711	Canal		2.300
4	HOLDIȚA (p. Holdița)	0,25 / 0,115	113	239,8	5.085	PREMO	400	2.800

Tabelul 1

Echipare electromecanică				Valoarea investiției		Indicator tehnico-economic	
Turbină		Generator	Furnizor de utilaje	Total, mii lei	C+M, mii lei	I_S, lei/kWh	P_C, lei/kWh
Tip	Turație, rot/min	Tip și putere, kW					
INVESTIȚII PROPRII I.R.E. SUCEAVA							
FO–190/720	600	GA-800 kW	ICMR	24.341	19.850	10,86	0,230
FO–125/640	600	GA-400 kW	ICMR	8.348	5.770	9,49	0,220
EOS–1100	300	GA-150 kW	ICMR și E.P.C.	6.232	3.083	3,37	0,090
EOS–700	500	MAs-90 kW					
BO–3	750	MAs-24 kW	Autodot.	746	693	7,32	0,184
BO–6	750	MAs-30 kW	Autodot.	463	189	2,42	0,155
2×FO–90/390	1500	2× GA-2×250 kW	ICMR	5.624	2.608	3,70	0,119
BO–7	750	MAs-50 kW	IUPs Reghin	928	428	5,07	0,189
BO–6	750	MAs0 -30kW	Autodot.				
INVESTIȚII PROPRII I.R.E. SUCEAVA							
BO-7	750	MA -110 kW	IUPS Reghin	4.496	3.111	6,36	0,145
BO-7		MAs-90 kW					
BO-6	750	MAs -30 kW	IUPS Reghin	729	445	6,92	0,211
BO-3	750	MAs-75 kW	IUPS Reghin	2.720	2.172	8,82	0,199
BO-7	750	MAs-90 kW	IUPS Reghin	4.933	3.600	6,66	0,139
3×BO-4	750	3×MAs-3×200 kW	IUPS Reghin	13.053	10.993	4,35	0,082
2×BO-7	750	2×MAs-2×110 kW	IUPS Reghin	7.000	5.400	7,99	0,134
FO-125/640	750	GA-800 kW	ICMR	29.990	25.085	8,52	0,155
FO-125/640	750	GA-800 kW	ICMR	29.950	25.100	7,08	0,134
2×Fo-125/640	750	GA-800 kW	ICMR	10.000	5.600	6,93	0,163
FO-125/640	750	GA-800 kW	ICMR	19.100	15.500	8,88	0,169
TERȚI							
2×FO-125/640	1.000	2× GA-1200 kW	ICMR	58.148	48.994	8,64	0,174
FO-90/570	1.000	GA-640 kW	ICMR	20.034	15.749	13,32	0,295
2×EOS-1100	300	2× GA-250 kW	ICMR	25.139	18.345	9,08	0,176
FO-90/390	1.500	GA-250 kW	ICMR	6.360	4.860	14,26	0,35

În 1982 activitatea de proiectare a MHC, în cadrul IRE Suceava, s-a extins la două colective, punîndu-se imperativ problema profilării unui șantier de construcții-montaj care să activeze exclusiv în domeniul construcției acestor obiective.

Pentru o tratare unitară a valorificării micropotențialului hidroenergetic, în zona sa de activitate, IRE Suceava are rol de proiectant general pentru toate amenajările de MHC, indiferent de beneficiarul investiției.

2. Problematica proiectării și construcției MHC

2.1. *Soluții de amenajare și criterii de alegere a amplasamentelor de MHC*

Soluțiile adoptate de IRE Suceava la elaborarea pînă în prezent a documentațiilor pentru MHC se bazează pe proiectele tip [6], [7] ale ISPH, ca și pe experiența locală tradițională [5], inclusiv pe unele propuneri venite din partea specialiștilor întreprinderii [8], [9], [17] sau rezultate din colaborarea cu alți factori interesați [10], [16]. Principalele caracteristici ale MHC proiectate de IRE Suceava în 1981—1982 sînt prezentate în tabelul 1. Din examinarea datelor cuprinse în acest tabel rezultă că amplasamentele MHC proiectate sînt dispersate pe afluenții rîurilor Bistrița, Suceava, Moldova și Siret sau pe lîngă unele lacuri de retenție a apei, de interes piscicol sau pentru irigații (Hănești, Drăcșani și Moara-Pocoleni). Unele MHC sînt concepute pe derivații din rîuri (Arinis și Paltin) sau pe conducte de aducțiune a apei potabile și industriale (Fălticeni). Rezultă așadar o gamă diversă de soluții privind schemele de amenajare a căderilor de apă și a tipurilor amenajărilor microhidroelectrice.

Criteriul principal de alegere a acestor amplasamente a fost cel de realizare a indicatorilor tehnico-economici potrivit prevederilor Decretului 202/1981, care evidențiază doi indicatori tehnico-economici principali: investiția specifică medie (I_s) la capacitatea de producție a MHC (lei/kWh/an), și costul unitar mediu (P_c) (lei/kWh).

Este de remarcat faptul că, în timp ce pentru M.E.E. acești indicatori sînt I_s =5,9 lei/kWh/an și P_c = 0,19 lei/kWh, pentru Consiliile populare județene acești indicatori sînt I_s = =9,4 lei/kWh/an și P_c = 0,24 lei/kWh*.

Diferența valorilor dintre acești indicatori are în vedere faptul că în timp ce M.E.E. este prevăzut ca beneficiar al MHC de puteri, în general, peste 100 kW (racordate de regulă la rețeaua SEN), Consiliile populare județene sînt beneficiare de MHC cu puteri, de regulă mai mici, unele neracordate la sistem (funcționînd autonom) și la care, evident, investițiile și costurile specifice sînt mai mari.

* Indicatorii corespund prețurilor din 1980.

2.2. *Sistematizarea proiectării și construcției MHC*

Experința de proiectare și cea de construcții-montaj în domeniul MHC atestă faptul că *abordarea sistemică a proiectării și construcției MHC*, care implică luarea în considerare a amenajării bazinelor hidrografice ale cursurilor de pîraie în întregime, este de natură a conduce la o apreciere mai corectă a economicității acestor amenajări. Într-adevăr, luînd în considerare, la proiectare, amenajările posibile pe întreg bazinul hidrografic al unui pîrău, se poate valorifica mai bine potențialul microhidroenergetic și, în afară de aceasta, indicii tehnico-economici ai amenajărilor posibile, în varianta de schemă avizată, apar cu valori medii ponderate, care dau o imagine globală mai realistă asupra eficienței tehnico-economice propuse. Se înțelege că execuția MHC aferente unui întreg bazin hidrografic al unui pîrău, conduce, în general, la creșterea productivității muncii, organizarea de șantier făcîndu-se pentru întregul ansamblul de MHC de pe valea pîrăului respectiv.

De asemenea, exploatarea unor grupuri relativ concentrate de MHC se poate organiza mult mai economic în sistemul „fără personal permanent de exploatare și întreținere".

Trebuie precizat însă, și acest lucru este esențial, că în stabilirea amplasamentelor pentru MHC este necesar să se aibă în vedere integrarea organică a acestora în prevederile „Programului național de amenajare complexă și sistematizare a rețelei hidrografice a țării".

În acest context, prioritară rămîne construcția acelor MHC care se corelează cu lucrările ce se execută pentru asigurarea apei potabile în localitățile mici, pentru regularizări de pîraie sau cursuri de apă secundare, pentru îndiguiri locale în scopul apărării de inundații a unor sate și comune, pentru consolidări și apărări de maluri ș.a.m.d. De asemenea, cu aceeași ordine de prioritate, impusă de realizarea unor buni indicatori tehnico-economici, trebuie construite MHC care recuperează energia hidraulică la anumite instalații industriale, care valorifică surplusul de apă de la anumite acumulări existente, sau care servesc pentru irigații, piscicultură etc. [15].

2.2.1. Scheme de amenajare. Formalități necesare implantării MHC

Schemele de amenajare adoptate pentru MHC [6] necesită captări cu prag de deviere și prize de mal, bazin compensator și aducțiune. Funcționarea acestor MHC este concepută pe principiul valorificării maxime a debitelor afluente, cunoscut sub denumirea „totul sau nimic". Analiza pe bază de studiu de schemă a amenajărilor de MHC în zona de munte, scoate însă în evidență necesitatea realizării unor astfel de obiective, inclusiv cu lacuri de acumulare, pe

cursurile superioare ale rîurilor și ale afluenților acestora.

În prezent și pentru MHC se cer avize și acorduri întocmai ca și pentru centralele hidroelectrice (CHE) de mare putere, cu documentații de întindere relativ mare, cum ar fi de exemplu, cele pentru obținerea acordului de gospodărire a apelor de la CNA și organele din subordine, sau cele pentru obținerea acordului Inspectoratului de salmonicultură din M.E.F.M.C

Avînd în vedere simplitatea construcției MHC față de CHE apare imperios necesară simplificarea procedurii de obținere a acestor avize și acorduri pentru amenajările de microhidrocentrale.

Probleme deosebite și încă nu pe deplin reglementate, pentru specificul MHC, se pun și în legătură cu terenurile agricole sau ale fondului forestier afectate de construcția acestor obiective.

În același context se înscrie și problema impactului MHC cu mediul înconjurător. Se are în vedere, în primul rînd, acele MHC care nu sînt incluse în amenajările de folosință complexă și care trebuie să coexiste ecologic cu alte utilități din zonele de amplasament.

Rezolvarea problemelor determinate de impactul construcției de MHC asupra mediului înconjurător vizează în primul rînd consecințele amenajării pragurilor de deviere (praguri deversoare) la pîraiele de munte asupra continuității vieții acvatice (piscicultură montană), asigurarea, acolo unde este cazul, a debitului salubru, nedegradarea solului ori a cadrului natural, a locurilor de recreare și agrement etc. Toate aceste aspecte se reglementează prin acordurile unice emise de către secțiile de arhitectură și sistematizare din cadrul Consiliilor populare județene, deoarece MHC trebuie să se încadreze armonios în perspectiva dezvoltării și sistematizării teritoriale a țării.

2.2.2. Tendințe în realizarea MHC

Toate aspectele , trecute în revistă, cu privire la sistematizarea proiectării și construcției MHC, sînt încă probleme controversate, datorită faptului că însăși concepția amenajării MHC nu este încă unitară în rîndul specialiștilor. Aceste controverse se datorează în principal lipsei unei baze de cercetare în domeniul MHC, cunoscută fiind întîrzierea în realizarea microhidroagregatelor necesare echipării lor. Astfel, pe de o parte, există tendința simplificării MHC, cu accent pe contribuția populației la execuția acestora și pe utilizarea materialelor locale, fără a se ține seama de prevederile standardelor în vigoare (care la nevoie pot fi modificate), în scopul ieftinirii investițiilor [12], iar, pe de altă parte, există tendința de realizare a MHC după concepte care le apropie de CHE de puteri mici [6].

Experiența de proiectare și de execuție a acestor obiective duce la concluzia că problema amenajării lor trebuie tratată diferențiat, în funcție de importanța construcțiilor hidrotehnice aferente MHC. Astfel, din punctul de vedere al importanței construcțiilor hidrotehnice ale MHC, considerăm că proiectarea acestora trebuie să aibă în vedere următoarea clasificare [14]:

— Amenajări microhidroenergetice (0—30 kW) la care nu se pune problema conversiei energiei hidraulice în energie electrică, ci numai în energie mecanică, utilizate în mica industrie rurală pentru acționarea unor utilaje mai puțin pretențioase sub raportul constanței parametrilor (putere și turație), cum ar fi : mori de apă, gatere, ciocane de piuă, circulare forestiere ș.a. Acționarea acestor utilaje se poate face prin transmisie directă de la axul turbinei. Acestor amenajări, aflate de regulă în proprietatea Consiliilor populare, CAP, cooperației meșteșugărești, cooperației de consum ș.a., li se poate aplica întreaga gamă de simplificări constructive prevăzute [12], cu atît mai mult cu cît exploatarea se face cu personal permanent, care deservește atît utilajul de lucru, cît și amenajarea microhidroenergetică. În această categorie de amenajări se înscriu prioritar vechile amenajări hidrotehnice rurale (în funcțiune, nefolosite sau abandonate), care trebuie reactivate și modernizate.

— Microhidrocentrale mici (0—100 kW) ce se prevăd a funcționa izolat (neracordate la rețeaua SEN), care aparțin de regulă organizațiilor silvice de exploatare forestieră, Oficiilor județene de turism, fermelor IAS ș.a. și la care se pun probleme mai deosebite în legătură cu asigurarea stabilității frecvenței și tensiunii alternative debitate de generatoare. Și pentru aceste amenajări soluțiile ce se adoptă pot fi cît mai simple [12], deși exploatarea lor nu implică, în general, personal permanent.

— Microhidrocentrale mijlocii și mari (100—3000 kW), ce funcționează racordate la rețeaua SEN, a căror proiectare necesită deja respectarea standardelor în vigoare pentru asigurarea de debite etc. și pentru care performanțele în funcționare și fiabilitatea nu mai pot fi neglijate. Pentru aceste amenajări, la care beneficiar este de regulă M.E.E., volumul de automatizări trebuie să corespundă necesității exploatării MHC fără personal permanent. Proiectarea acestei categorii de MHC, implicînd respectarea în întregime a standardelor în vigoare, nu exclude totuși necesitatea de a simplifica conținutul documentațiilor și condițiilor de obținere a acordului de gospodărire a apelor, ca și a celorlalte avize și acorduri.

3. Echipamente pentru microhidrocentrale

3.1. *Tipuri de turbine preconizate a se utiliza la MHC*

Așa cum se poate vedea în tabelul 1, echipamentele MHC proiectate de IRE Suceava sînt

de fabricație Reșița (ICMR) și IUPS Reghin. Turbinele hidraulice proiectate de CCSITEH Reșița, aflate în fabricație la ICM Reșița, sînt de tip Francis orizontale (FO) și elicoidale în dispoziție orizontală cu circuit hidraulic în formă de „S" (EOS). În același timp, un număr apreciabil de turbine hidraulice prevăzute în documentațiile elaborate sînt de tip Banky de fabricație IUPS Reghin sau de fabricație proprie IRE Suceava (autodotare).

Precizăm că MHC Voroneț și Moara-Pocoleni (pozițiile 4 și 5 din tabelul 1), puse deja în funcțiune, sînt în întregime executate cu echipamente realizate și asamblate în cadrul IRE Suceava.

Considerăm necesare cîteva precizări în legătură cu turbina cu acțiune Banky, față de care specialiștii manifestă rețineri la promovarea în amenajările de MHC.

Așa cum se știe, particularitatea distinctivă a acestei turbine constă în faptul că apa traversează de două ori paletele rotorului ; cu toate acestea, randamentul este scăzut, $\eta = 61\%$, puterea, la arborele turbinei, în kW, fiind $P = 6QH$, în care debitul Q este exprimat în m^3/s, iar căderea H în m.

Cum $P = 9{,}81\ \eta\ QH$ rezultă $\eta = \frac{6}{9{,}81} \cdot 100 = 61\%$.

În schimb turbina Banky are cîteva avantaje importante, care o fac foarte indicată pentru primele două categorii de MHC din clasificarea dată la pct. 2.2.2., și anume :

— simplitate constructivă ;
— robustețe în funcționare ;
— siguranță în exploatare ;
— întreținere ușoară.

De exemplu, în județul Suceava amenajarea Bilca, echipată cu două turbine Banky, funcționează de peste 40 de ani, practic fără întrerupere.

3.2. *Contribuții proprii IRE Suceava la realizarea de echipamente pentru MHC*

În legătură cu echipamentele pentru MHC, în cadrul IRE Suceava s-au propus și s-au realizat cîteva soluții tehnice cu caracter original [8], [9], pe care le vom prezenta succint în cele ce urmează.

— Astfel, în scopul realizării unor microhidrocentrale mici și cu echipament adaptat din producția de serie în scheme de amenajare care își propun să valorifice căderi mici și medii precum și debite cu asigurare de circa 75% din curba debitelor afluente clasate, fără a impune necesitatea unui bazin compensator [8], s-a experimentat deja [10] pompa diagonală cu carcasă spirală (*BRATEȘ*), fabricație a Întreprinderii de pompe „Aversa" — București, în regim de turbină. Rezultatele acestui studiu [10] atestă faptul că față de randamentele în regim de pompă (de circa 76%), în regim de turbină pompele BRATEȘ își micșorează randamentele doar cu 1,5—2%. Pompa pe care s-au făcut încercările a fost o pompă obișnuită, din fabricația de serie, la care paletele rotorului au fost subțiate prin polizare la o grosime medie de 7—8 mm, iar muchiile de intrare și de ieșire au fost ascuțite și lustruite.

Este astfel posibilă amenajarea de microhidrocentrale mici, avînd drept agregate primare pompe centrifugale funcționînd în regim de turbină și generatoare asincrone (motoare asincrone de producție serie funcționînd în regim de generator).

Pînă în prezent în țara noastră o astfel de soluție tehnică n-a fost utilizată, dar la IRE Suceava se află în curs de proiectare o MHC care va valorifica această propunere de inovație, avînd aviz favorabil din partea tuturor forurilor de specialitate.

În tabelul 2 este reprodus unul din buletinele de încercare a pompei BRATEȘ 250—250 ca turbină.

Tabelul 2

Buletin de încercare pompa Brateș 250—250 ca turbină

Nr. crt.	Căderea totală Hg, mm	Căderea netă sau sarcina Hn, mm	Debitul Q, m³/h	Puterea utilă p, kW	Momentul M, N-m	Turație n, rot/min	Randamentul η, %
1	8880	7162	466,50	0,495	3,25	1445	5,5
2		7235	500,90	4,323	31,75	1301	44,2
3		7303	516,80	6,357	50,4	1205	62,4
4		7307	520,50	6,546	56,75	1102	63,7
5		7443	528,00	8,593	82,10	1000	80,98
6		7511	530,80	8,842	93,75	905	82,14
7		7511	532,60	8,94	99,30	860	82,80
8		7511	539,20	8,94	106,7	801	82,80
9		7391	539,20	8,913	108,9	782	82,80
10		7313	539,20	8,589	116,4	705	80,7
11		7376	529,8	7,894	125,5	601	74,81
12		7376	524,3	7,319	129,5	540	70,10

Rezultatele — toate caracteristicile ridicate cu pompa BRATEȘ 250—pot fi generalizate la întreaga tiposerie de pompe BRATEȘ (BRATEȘ 250 ; 350 ; 400 ; 500 ; 600).

O a doua contribuție a IRE Suceava privind echipamentele pentru MHC se referă la realizarea unui releu de putere inversă pentru generatoarele din MHC [9], prin modificarea unui contor mono- sau trifazat de putere activă.

Modificarea constă în demontarea sistemului integrator și montarea unui contact normal deschis, a unui știft pe discul de aluminiu și a unui opritor. Ansamblul astfel obținut, pentru un anumit mod de conectare (curent și tensiune) poate asigura oprirea discului prin știft de către opritor, cînd energia evidențiată de deplasarea discului are un anumit sens, și închiderea contactului, cînd sensul energiei se schimbă. Această inovație (acceptată de ICCE) elimină importul și este deja aplicată la MHC Voroneț, Moara-Pocoleni și Hănești (pozițiile 4,5 și 7 din tabelul 1 A).

Privind echipamentele pentru MHC, care nu au încă o fabricație de serie în țara noastră, apare ca oportună, în anumite scheme de amenajare [13], utilizarea turbinei cu acțiune Pelton. ISPH a elaborat deja proiectul de execuție pentru un prototip de turbină Pelton [16] P.O.2 = 0,25 MW, care se află în curs de realizare la uzina „Timpuri Noi" din București.

IRE Suceava are deja stabilite amplasamente pentru amenajarea MHC cu turbina Pelton (H_n = 100 mca, Q = 0,6 m³/s). În baza celor prezentate ca și a cunoașterii situației din țară relativ la echipamentele pentru MHC, se constată că, în stadiul actual nu se poate conta pe o producție de serie care să asigure un ritm susținut în realizarea acestor obiective, nefiind pe deplin clarificate toate problemele legate de concepția de realizare, funcționare și exploatare a MHC.

În prezent, cel puțin echipamentele MHC cu puteri de peste 100 kW, întocmai ca și cele pentru CHE, au caracter de unicat.

În încheierea acestui articol dorim să evidențiem încă o propunere de inovație aparținînd IRE Suceava, și anume utilizarea barelor de oțel-beton, în alcătuirea fermelor metalice pentru acoperiș la MHC [17], în locul profilelor de oțel laminate la cald, așa cum se indică în proiectele tip (faza PE—1981) [6]. Avantajele soluției rezidă în posibilitățile ușoare de execuție, reducerea cantității de metal (circa 70%), reducerea greutății proprii și în consecință reducerea costului fermei cu peste 60 %.

Concluzii

1. Realizarea numărului propus de MHC în perioada 1982—1985 în raza de activitate a IRE Suceava (și în țară), presupune clarificarea conceptuală unitară a modului de valorificare a micropotențialului hidroenergetic, cu privire la normele de conținut legate de proiectarea, construcția și exploatarea MHC.

2. Realizarea ritmică a sarcinilor de construcții MHC impune trecerea la producția de serie a echipamentelor hidromecanice și electromecanice știut fiind că, avînd în vedere un anumit echipament, se poate rezolva problema invers față de situația obișnuită: determinarea datelor amenajării corespunzătoare echipamentului respectiv.

3. Toate acestea implică aprofundarea cercetării și apoi detalierea proiectelor tip legate de amenajarea MHC, odată cu punerea în funcțiune a primelor tipuri de astfel de obiective în țară.

Bibliografie

[1] *** *Hotărîrea Plenarei Comitetului Central al Partidului Comunist Român, din 31 Martie 1982, cu privire la realizarea programului de producere a energiei în cincinalul 1981—1985 și dezvoltarea bazei energetice a țării pînă în 1990.*

[2] Cogălniceanu, A. *Direcții principale în amenajarea micropotențialului hidroenergetic al României.* Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ISPH „Noi orientări în amenajarea resurselor hidroenergetice," Drobeta-Turnu Severin, 8—10 septembrie 1982.

[3] *** *Inventarierea micropotențialului hidroenergetic pentru bazinele riurilor din județele Suceava și Botoșani.* Studiu IRE Suceava 4017/1981.

[4] *** *Program de realizare a microhidrocentralelor în județul Suceava în perioada 1982—1985.* Cabinetul județean de organizare economico-socială Suceava, 1982.

[5] Sfichi, R. ș.a. *Soluții privind valorificarea debitelor și căderilor mici de ape curgătoare și lacuri de retenție din județele Suceava și Botoșani.* A IV-a consfătuire a energeticienilor din județele Suceava și Botoșani, 12 mai 1981.

[6] *** *Proiect tip ISPH nr. H—4815— 1980(81) — Microhidrocentrale.*

[7] *** *Proiect tip ISPH nr. h — 4816 — 1980 — Cqptări secundare*

[8] Boșcoianu D., ș.a. *Echipament adaptat din producția de serie pentru microhidrocentrale mici.* Propunere de inovație, IRE Suceava, 1980.

[9] Botușanu, GH. ș.a. *Releu de putere inversă pentru MHC.* Propunere de inovație IRE Suceava, 1981.

[10] *** *Studiu experimental privind utilizarea pompei BR 250—250 ca turbină.* Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru pompe și ventilatoare, București, 1982.

[11] *** *Sistem de reglare microturbine hidraulice tipizate.* Documentație de prezentare. CCSITEH Reșița, 1982.

[12] *** *Notă de directive privind realizarea programului de microhidrocentrale.* CNȘT — 20.10.1981.

[13] Preda, I., Sisak, E., Budișan. N. *Studiu privind realizarea unor microhidrocentrale autonome automatizate.* Comunicările conferinței de mașini hidraulice, partea a II-a, Laboratorul de mașini hidraulice, Timișoara, 1964.

[14] Sfichi, R. ș.a. *Aspecte privind experiența de proiectare și execuție a microhidrocentralelor în cadrul IR Suceava.* Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ISPH „Noi orientări în amenajarea resurselor hidroenergetice", Dobreta — Turnu Severin, 8—10 septembrie 1982.

[15] Sfichi, R. *Microhidrocentralele — utilizarea mai intensă a potențialului energetic.* În : Era socialistă, nr. 14, 1982, pag. 12—14.

[16] *** *Turbină hidraulică tip Pelton P. O. 2 × 0,25 MW — 100.* Proiect de execuție pentru prototip, ISPH, 1982.

[17] Moraru P. și Murărescu C. *Fermă metalic din profile ușoare și oțel beton pentru acoperiș la microhidrocentrale.* Propunere de inovație IRE Suceava, 1981.

(primit la 26 iunie 1982, acceptat la 13 august 1982)

INVENȚII—INOVAȚII

Procedeu și instalație de elaborare a oțelurilor și aliajelor speciale, cu arc electric

Cerere de brevet : 84924
Brevet R. S. România : 67447
Autori : ing. Alexandru Forje, ing. Dumitru Pascu, fiz. Vasile Stratulat, ing. Ioan Bogdan, ing. Ioan Demetru, ing. Florin Predan, ing. Iulia Forje, fiz. Ioan Inta, mat. Claudia Simionescu, ing. Radu Iovănaș, Nicolae Savu
Titular : Universitatea Brașov

Invenția se referă la un procedeu și la o instalație de elaborare a oțelurilor și aliajelor speciale, cu arc electric, și la activarea difuziei prin curent de înaltă frecvență.

Se cunoaște suprapunerea unui cîmp electric de înaltă frecvență peste arcul electric de sudare, în vederea obținerii unei alieri a metalului de adaos cu elementele metalului de bază, cu formare de structuri noi și o continuitate fizică și chimică superioară între cele două metale, prin creșterea potențialului de difuzie.

Se mai cunosc, de asemenea, diverse procedee și instalații cu arc electric de elaborare a oțelurilor și aliajelor speciale, care utilizează energie electrică pentru transformarea acesteia în căldură, în arcul electric, produs în gaze, aer și vid, care însă prezintă dezavantajul că nu permit obținerea unor aliaje cu conținut foarte mare de elemente de aliere, oțelurile avînd un conținut relativ mare de incluziuni și gaze, iar obținerea unor oțeluri cu caracteristici superioare se face la costuri foarte ridicate.

Procedeul, conform investiției, înlătură aceste dezavantaje prin aceea că, în scopul obținerii unor oțeluri și aliaje speciale, cu caracteristici mecanometalurgice și fizice superioare, peste arcul electric de topire se suprapune în mod continuu un curent de înaltă frecvență care poate fi modulat în frecvență în mod adecvat, ținînd seama de aliajele ce se elaborează.

Instalația pentru elaborarea oțelurilor și aliajelor speciale cu arc electric, conform procedeului, se compune dintr-un creuzet, un electrod fuzibil, constituit brut din oțelul sau aliajul special, care trebuie îmbunătățit, o sursă de alimentare cu energie electrică necesară producerii arcului electric și un generator de înaltă frecvență care realizează producerea și suprapunerea unui curent de înaltă frecvență peste arcul electric, fiind compus dintr-un programator spectral, care determină frecvența și modulația curentului de înaltă frecvență, adecvate aliajelor ce se elaborează, un oscilator pilot și modulator, un etaj de preamplificare a semnalului primit de la oscilatorul-pilot, un etaj final de putere, un transformator de adaptare și de injecție a curentului de înaltă frecvență peste arcul electric și un bloc de alimentare a generatorului de înaltă frecvență.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a procedeului și a instalației de elaborare a oțelurilor și aliajelor speciale, conform invenției, cu referire la figurile 1 și 2.

Procedeul, conform invenției, constă în suprapunerea peste arcul electric de topire în mod continuu, a unui curent de înaltă frecvență, în scopul obținerii unor oțeluri și aliaje speciale, cu caracteristici mecanometalurgice și fizice superioare.

Instalația, conform procedeului, cuprinde un creuzet *1*, un electrod fuzibil *2*, construit brut din oțelul sau aliajul special care trebuie îmbunătățit, o sursă de alimentare cu energie electrică *3*, necesară producerii arcului electric și un generator de înaltă frecvență *4*, care produce curentul de înaltă frecvență și-l suprapune peste arcul electric.

Generatorul de înaltă frecvență *4* se compune dintr-un programator spectral *5*, care determină frecvența și modulația curentului de înaltă frecvență, un oscilator-pilot și modulator *6*, un etaj preamplificator *7* al semnalului primit de la oscilatorul-pilot *6*, un etaj final de putere *8*, un transformator de adaptare și de injecție *9* a curentului de înaltă frecvență peste arcul electric și un bloc de alimentare *10*.

Procedeul și instalația conform invenției prezintă următoarele avantaje :

— se realizează o mai bună distribuție a energiei gamei complexe de particule transferate prin descărcarea arcului electric de topire, de la electrodul fuzibil la baie ;

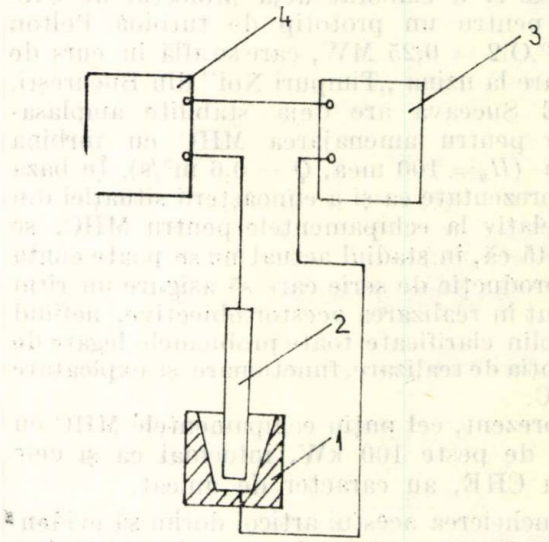


Fig. 1. Schema-bloc a instalației de elaborare a oțelurilor și aliajelor speciale.

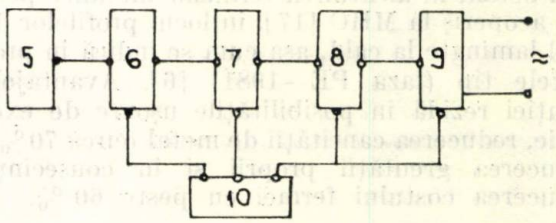


Fig. 2. Schema-bloc a generatorului de înaltă frecvență, cu modulație în frecvență.

— se realizează o elaborare a metalului în arcul de topire, în condiții de amplificare a stării de plasmă, produsă prin descărcarea arcului electric, conducînd la o creștere a energiei particulelor transferate și determinînd amplificarea fenomenului de difuzie a elementelor de aliere în ansamblul metalului elaborat ;

— se realizează un aliaj cu conținut scăzut de incluziuni nemetalice și gaze, posedînd, în același timp, și o granulație omogenă și fină.

Invenția face parte dintr-o clasă de elemente de noutate și progres tehnic constînd în adoptarea unui principiu nou în fizică, și anume componentele necesare topirii metalelor (topire și sudare), cum ar fi tensiunea, intensitatea și frecvența, sînt ordonate optimal, conducînd la o reducere substanțială a consumului de energie electrică (peste 30%).

Revendicări

1. Procedeu de elaborare a oţelurilor şi aliajelor speciale, cu arc electric, caracterizat prin aceea că, în scopul obţinerii unor oţeluri şi aliaje speciale, cu caracteristici mecanometalurgice şi fizice superioare, peste arcul electric de topire se suprapune în mod continuu un curent de înaltă frecvenţă, care poate fi modulat în frecvenţă în mod adecvat, ţinînd seama de aliajele ce se elaborează.

2. Instalaţie, conform revendicării 1, caracterizată prin aceea că utilizează un creuzet *1*, un electrod fuzibil *2*, constituit brut din oţelul sau aliajul special care trebuie îmbunătăţit, o sursă de alimentare cu energie electrică *3*, necesară producerii arcului electric şi un generator de înaltă frecvenţă *4*, care realizează producerea şi suprapunerea unui curent de înaltă frecvenţă peste arcul electric, fiind compus dintr-un programator spectral *5*, care determină frecvenţa şi modulaţia curentului de înaltă frecvenţă, adecvate aliajelor ce se elaborează, un oscilator pilot şi modular *6*, un etaj de preamplificare *7* al semnalului primit de la oscilatorul pilot, un etaj final de putere *8*, un transformator de adaptare şi de injecţie *9* al curentului de înaltă frecvenţă peste arcul electric şi un bloc de alimentare *10* a generatorului de înaltă frecvenţă 4.

Bibliografie

[1] *Brevet R. S. România nr. 56072.*

[2] Krivandin, V. A., Molceanu N. G. şi Solomentev S. L. *Cuptoare metalurgice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1963.

CRONICĂ

Al V-lea Congres internaţional de alimentare centralizată cu căldură

În perioada 7—10 septembrie 1982, în U.R.S.S., la Kiev, s-au desfăşurat lucrările celui de-al V-lea Congres internaţional de alimentare centralizată cu căldură.

Congresul a fost organizat de Comitetul internaţional de alimentare centralizată cu căldură, care a fost sprijinit de organizaţiile internaţionale REHVA (Federaţia europeană a asociaţiilor inginerilor pentru încălzire şi ventilaţie) şi UNICHAL (Uniunea europeană a producătorilor de căldură). Desfăşurarea lucrărilor a fost asigurată de Comitetul de organizare sovietic. Lucrările congresului au fost prezidate de E. I. Borisov, prim-adjunct al ministrului energiei şi electrificării din U.R.S.S., membru în Comitetul internaţional de alimentare centralizată cu căldură.

La această reuniune ştiinţifică au participat 393 de delegaţi din 23 de ţări, prezentîndu-se 123 de referate.

Lucrările congresului s-au desfăşurat în cinci secţii dezbătînd următoarele probleme :

Secţia I — Metode de planificare şi prognoză a dezvoltării centralizate cu căldură la scară regională şi naţională.

Secţia a II-a — Surse de căldură convenţionale şi neconvenţionale.

Secţia a III-a — Proiectarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură pentru aglomerări urbane, zone populate şi industriale.

Secţia a IV-a — Proiectarea, construcţia şi exploatarea reţelelor termice.

Secţia a V-a — Regimuri hidraulice şi termice ale sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

România a participat la această manifestare cu cinci comunicări, şi anume :

— Concepţia şi dezvoltarea termoficării în România (secţia I).

— Integrarea pompelor de căldură de mare capacitate în sistemele de alimentare cu căldură a localităţilor (secţia a II-a).

— Metode de utilizare a căldurii evacuate la sursa rece a ciclurilor centralelor termoelectrice (secţia a II-a).

— Aspecte ale termoficării marilor sere legumicole din România (secţia a III-a).

— Transportul căldurii la mare distanţă în România (secţia a IV-a).

La lucrările congresului a participat o delegaţie a M.E.E. formată din trei specialişti.

În cadrul dezbaterilor s-au scos în evidenţă următorii factori care vor influenţa concepţia şi dezvoltarea viitoare a sistemelor de alimentare centralizată cu căldură :

1. Necesitatea conservării resurselor energetice, în special a hidrocarburilor, precum şi creşterea cerinţelor de căldură la consumatorii urbani şi industriali, fac din alimentarea centralizată cu căldură una dintre cele mai avantajoase direcţii în utilizarea energiei.

2. Termoficarea este una dintre cele mai verificate metode de economisire a resurselor primare de energie şi presupune funcţionarea centralelor electrice de termoficare interconectate cu sistemul electroenergetic.

3. Dezvoltarea în ultimul timp a alimentării centralizate cu căldură în cele mai multe ţări din lume a fost determinată de creşterea costului combustibililor gazoşi şi lichizi, de necesitatea de a elimina produsele petroliere din balanţa energetică şi de a utiliza la maximum combustibilii indigeni, resursele energetice secundare, energia nucleară, căldura deşeu din centralele termoelectrice, precum şi de necesitatea rezolvării problemelor legate de protecţia mediului înconjurător.

4. Ţările cu sisteme dezvoltate de alimentare centralizată cu căldură sînt caracterizate prin creşterea continuă a ponderii surselor mari în producţia totală de căldură.

5. În general, sistemele de alimentare centralizată cu căldură sînt competitive în raport cu alte sisteme, în pofida importantelor investiţii pe care le implică dezvoltarea lor. Cea mai raţională pare a fi dezvoltarea în etape a sistemelor de alimentare cu căldură, prin instalarea în prima etapă, dacă este cazul, a cazanelor mobile în zonele construcţiilor noi şi pregătirea reţelelor de distribuţie a căldurii şi instalarea într-o etapă următoare a cazanelor mari de încălzire. Acestea din urmă vor putea fi folosite în viitor ca rezervă şi capacitate de vîrf pentru noile CET sau CTE existente, transformate pentru funcţionarea în termoficare.

6. Creşterea capacităţii unitare a instalaţiilor de producere a căldurii, transformarea grupurilor de condensaţie pentru funcţionarea în termoficare, aplicarea celor mai eficiente căi de utilizare a combustibilului (arderea în pat fluidizat, gazeificarea combiantă a combustibilului etc.) duc la creşterea eficienţei sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

7. Complexitatea și diversitatea proiectelor de alimentare centralizată cu căldură în condițiile unor modificări inevitabile în timp a parametrilor de funcționare necesită adaptări permanente ale regimurilor de exploatare, acțiune rezolvabilă prin utilizarea calculatorului electronic.

8. Una dintre direcțiile de dezvoltare a alimentării centralizate cu căldură în viitorul apropiat, în unele țări, constă în transformarea grupurilor energetice de condensație pentru funcționarea în termoficare.

9. Dintre sursele neconvenționale de energie, căldura evacuată din industrie, energia geotermică, arderea deșeurilor menajere pot avea o largă utilizare în alimentarea centralizată cu căldură prin folosirea pompelor de căldură.

10. Dezvoltarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură și creșterea fiabilității lor poate fi realizată prin îmbunătățirea calității și a întreținerii elementelor sistemului, ridicarea calității echipamentului și optimizarea condițiilor de funcționare.

La extinderea rețelelor de transport și distribuție a căldurii este recomandabil să se amplaseze sursele de căldură de vîrf și de rezervă în centrele mari consumatoare de căldură și să se realizeze bretele de legătură între magistrale.

11. Asigurarea unor regimuri hidraulice și termice corespunzătoare este prevăzută a se realiza prin extinderea instalațiilor de măsură și control la nivelul tuturor părților componente ale sistemului și prin utilizarea pe scară largă, în marile sisteme, a calculatoarelor de proces.

Cu ocazia ședinței Comitetului internațional de alimentare centralizată cu căldură, care a avut loc în zilele de 5–6 septembrie 1982, tot la Kiev, și la care au participat: E. I. Borisov (U.R.S.S.), A. Reichl (Austria), J. Valašek (R. S. Cehoslovacă), H. Mortensen (Danemarca), H. Neuffer (R. F. Germania), A. Kilipinen (Finlanda), A. Triboulet (Franța), H. Munser (R. D. Germană), I. Doci (R. P. Ungară), L. Silveri (Italia), Q. Toole (Canada), E. Erichsen (Norvegia), S. Batov (R. P. Bulgaria), V. Herubin și Rosada (R. P. Polonă), M. G. M. Pop (R. S. România), B. Grkovici (R. F. S. Iugoslavia), T. Waldenby (Suedia), J. Nordhorf (Elveția), J. Birch (Marea Britanie), L. Larsson (Finlanda), președinte UNICHAL, și M. Constantino (Italia), președinte REHVA, s-a stabilit ca cel de-al VI-lea congres să fie organizat de Comitetul național danez, împreună cu Comitetul internațional de alimentare centralizată cu căldură și UNICHAL, în mai 1985, la Copenhaga.

Dr. ing. M. M. Pop — ICCE
Ing. Niculescu Nicolae — ISPE
Ing. Neștianu Dan — ICEMENERG

Lista referatelor

Secția I — Metode de planificare și prognoză a dezvoltării alimentării centralizate cu căldură la scară regională și națională

I. 1. Reichel A. (Austria): Linii directoare ale dezvoltării și planificării alimentării centralizate cu căldură și a centralelor electrice de termoficare în Austria.

I. 2.*) Roba H. A. (Belgia): Dezvoltări noi ale alimentării centralizate cu căldură în Belgia.

I. 3. Bilde O. (Danemarca): Planificarea alimentării cu căldură în Danemarca.

I. 4. Haavisto Heikki, Jantunen Erkki (Finlanda): Energia nucleară în alimentarea cu căldură a orașului Helsinki.

I. 5.*) Bernard Augustin (Franța): Politica alimentării centralizate cu căldură în Franța.

I. 6. Herrmann D., Krepper E., Reetz B., Ziegenbein D. (R. D. Germană). Aspecte ale strategiei introducerii surselor de căldură nucleare în economia națională.

I. 7. *) Zandlas H. (R. D. Germană): Dezvoltarea și perspectivele sistemelor de alimentare centralizată cu căldură în R. D. G.

I. 8. *) Ryding H. (Anglia): Încălzirea centralizată și structura economică și organizatorică a întreprinderilor producătoare de energie.

I. 9. Kovaci I., Jarosi N., Jarfas L. (R. P. Ungară): Noțiunile de capacitate termică în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

I. 10. Spagni G., Veneziani S. (Italia): Măsuri pentru raționalizarea consumului de energie în zona municipiului Reggio Emilia.

I. 11. Wojcicki J., Cherubin W. (R. P. Polonă): Prognoza și planificarea dezvoltării sistemelor de alimentare centralizată cu căldură ca una din căile către un consum rațional de combustibil și energie.

I. 12. *) Bouska J. (R. S. Cehoslovacă): Concepția alimentării centralizate cu căldură în Cehoslovacia.

I. 13. Kubin M. (R. S. Cehoslovacă): Alimentarea cu căldură și mediul înconjurător.

I. 14. Armencoiu N., Niculescu N., Rențea D., Goldenberg C., Vlădescu A. (R. S. România): Concepția și dezvoltarea sistemelor de termoficare în România.

I. 15. Borisov E. I., Sokolov E. I., Koritnikov V. P., Belinski S. I. (U.R.S.S.): Dezvoltarea termoficării în U.R.S.S. — practică și perspective.

I. 16. Melentiev L. A., Levental G. B., Șugreev V. A., Varvarski V. S. (U.R.S.S.): Obiectivele termoficării în înfăptuirea programului energetic în U.R.S.S.

I. 17. Serebriannikov N. I., Ivanov I. K., Șitsman S. E., Stepanian L. N. (U.R.S.S.): Termoficarea în Moscova.

I. 18. Kazarov S. A., Sivko P. E., Parkman D. R. (U.R.S.S.): Sistemele de termoficare ale marilor orașe sovietice (Leningrad).

I. 19. *) Alimova N. I., Zeleniak O. P., Manelis M. G., Mits G. M., Sosiukin L. N. (U.R.S.S.): Sistemele de termoficare ale marilor orașe sovietice (Kiev).

I. 20. Krilev L. S., Kovilianski I. A., Diomina L. A., Ismagilova V. P., Koșanov S. A. (U.R.S.S.): Metode de optimizare a nivelurilor de dezvoltare a termoficării și structurii CET pe mari regiuni și pe întreaga țară.

Referatele sînt prezentate în limbile engleză și rusă și pot fi consultate la Biblioteca tehnică a ICEMENERG, tel. 20.67.30/189 (pentru limba engleză) și la biblioteca ISPE, tel. 12.19.70/(pentru limba rusă).

*) Aceste referate nu sînt incluse în materialul transmis de organizatori.

Secția a II-a — Surse de căldură convenționale și neconvenționale

II. 1. Malcorps M. E. (Belgia) : Alimentarea centralizată cu căldură bazată pe termoficare din grupuri de condensație. Un nou sistem de evaluare a economiei de energie primară.

II. 2. Ahonen V. (Finlanda) : Gazul natural — combustibil pentru termoficarea cu turbine cu gaze.

II. 3. Niemi Seppo (Finlanda) : Centrala de termoficare diesel Wärtsilä pentru producerea energiei electrice și căldurii în provincia Åland.

II. 4. Ronhlainen P. O. (Finlanda) : Reducerea costului energiei prin transformarea centralelor de condensație.

II. 5. Michon X. (Franța) : Electricité de France și sistemele de încălzire.

II. 6.* Eberlein H., Schnitzlein H., Sprung J., Völzer (R. D. Germană) : Utilizarea căldurii de la compresoare pentru scopuri de încălzire în industrie.

II. 7. Schindler G. (R. D. Germană) : Centrale termice pe lignit în sistem modular.

II. 7. a. Hein K. (R. D. Germană) : Alimentarea centralizată cu căldură din centrale de termoficare în sistem modular.

II. 8. Bocskor A., Cseh O., Csizmazia J. (R. P. Ungară) : Metode noi de legătură în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

II. 9. Fekete I., Giurcsovics L., Kontra J. (R. P. Ungară) : Unele probleme ale utilizării energiei geotermale în Ungaria.

II. 10. Luzsa I., Monoștory G., Vámos G. (R. P. Ungară) : Experiența de funcționare în regim de vîrf a cazanelor de apă fierbinte de tip PTVM și tendințele de dezvoltare a acestora în Ungaria.

II. 11. Vadas Z., Torma M., Kostenszki : Utilizarea energiei industriale reziduale și menajere în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

II. 12. Sacci E., Angelino G., Macci E. (Italia) : Compararea energetică și economică a alimentării cu căldură centralizate în soluția clasică și în cea cu pompa de căldură.

II. 13. Batov S. G., Sușulov K. N. (R. P. Bulgaria) : Criterii economice ale alimentării cu căldură din centralele nuclearoelectrice.

II. 14. Stoev VI., Razssoukanov D. (R. P. Bulgaria) : O posibilitate de creștere a randamentului centralelor termoelectrice și nuclearo-electrice folosind căldura din circuitele de răcire de joasă temperatură.

II. 15. Cigan M. (R. P. Polonă) : Centrale termice de mare capacitate echipate cu cazane de apă fierbinte.

II. 16. Stempen G. (R. P. Polonă) : Tendințe de dezvoltare a CET în R. P. Polonă.

II. 17. Mihăileanu C., Pop M., Florescu A., Burchiu, N., Ghițulescu M., Chiriac F., Negrea A., Beznoska M., Cristea A. (R. S. România) : Integrarea pompelor de căldură de mare capacitate în sistemele de alimentare cu căldură a localităților.

II. 18. Moțoiu C., Grecu T., Pop M., Fulga C., Goliciu D., Neștianu D., Alexe F. (R. S. România) : Metode de utilizare a căldurii evacuate la sursa rece a ciclurilor centralelor termoelectrice.

II. 19. Eriksson K. A. (Suedia) : Căldura deșeu de la rafinăria Shell — cel mai mare proiect din Suedia, de economisire a petrolului.

II. 20. Stengarde L . B. (Suedia) : Utilizarea energiei electrice nucleare pentru alimentarea centralizată cu căldură din reactorul termic „Secure".

II. 21. Gautski E. (Elveția) : Centrala elvețiană de incinerare a deșeurilor furnizează căldură consumatorilor industriali și unui spital districtual.

II. 22. Popîrin L. S., Voronkov M. E., Svetlov K. S., Stoliarova I. A. (U.R.S.S.) : Metode de determinare a profilului optim al surselor de alimentare cu căldură.

II. 23.* Breger A. K., Sirkus N. P. (U.R.S.S.) : Influențe posibile ale utilizării combustibilului nuclear asupra eficienței economice a surselor atomice de căldură.

II. 24.* Dlugoselski V. I., Brazovski U. P. (U.R.S.S.) : Utilizarea centralelor nuclearoelectrice pentru termoficare.

II. 25. Varvarski V. S., Prutkovski E. M. (U.R.S.S.) : Creșterea randamentului sistemelor de termoficare prin folosirea ciclurilor combinate.

II. 26. Vodicev V. I., Benenson E. I., Dlugoselski V. I., Budniatski D. M. Rizhkov V. K. (U.R.S.S.) : Proiecte uzuale de turbine de termoficare.

II. 27 * Gitman M. I., Avérbah I. A. (U.R.S.S.) : Utilizarea centralelor termoelectrice de condensație pentru termoficare.

II. 28. Gladișev G. P., Bersenev A. P., Ovcinikov V. A., Maslov E. (U.R.S.S.) : Construcția cazanelor moderne de preîncălzire a apei și a cazanelor de abur de joasă presiune de mare capacitate.

II. 29. Kuznețov I. A., Saharov A. G. (U.R.S.S.) : Centrale de termoficare nucleare pentru alimentarea centralizată cu căldură a orașelor și a complexelor urbane.

II. 30. Kuznețov I. A., Șitikov I.A. (U.R.S.S.) : Centrale termice nucleare pentru sistemele de alimentare cu căldură a orașelor.

II. 31. Rubin G. I., Iakovlev G. C., Ginsburg G. V., Bunin V. S. (U.R.S.S.) : Proiecte uzuale de mari centrale de termoficare pe combustibil clasic.

II. 32. Kovilianski I. A., Svicear A. E., Koritnikov V. P. (U.R.S.S.) : Centrale termice industriale pe combustibil nuclear.

II. 33. Filkov V. M., Iankov V. S., Kostaria A. G., Nekrasov A. M., Zlatopolski A. N., Kalinin E. V. (U.R.S.S.) : Perspectivele utilizării pompelor de căldură în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

II. 34. Kristici L. M., Pavlov N. V., Mitor V. V., Levin L. I. (U.R.S.S.) : Cazane energetice de abur pentru centralele de termoficare din U. R. S.S.

Secția a III- a — Proiectarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură pentru aglomerări urbane, zone populate și industriale

III. 1. Friedrich K., Reichl A. (Austria) : Sistem integrat de alimentare cu energie pentru orașul Graz.

III. 2.* Popovici M. (R. S. F. Iugoslavia) : Perspectivele de alimentare centralizată cu energie termică a Belgradului.

III. 3.* Todorovici B., Zivkovici B. (R. S. F. Iugoslavia) : Necesarul de energie termică în Belgrad.

III. 4. Karkkainen S., Kekkonen V., Ranne A. (Finlanda) : Modele de simulare și optimizare în studiile pentru planificarea extinderii sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

III. 5. Sarkomaa P. J., Huovilsinen R. T., Koskelainen (Finlanda) : Utilizarea căldurii reziduale industriale de joasă temperatură pentru alimentare centralizată cu căldură.

III. 6. Triboulet A. (Franţa) : Evoluţia producţiei la Societatea pariziană de încălzire urbană.

III. 7. Lehmann R., Teuber K. H., Klee H. (R. D. Germană) : Sistemul de alimentare centrală cu căldură în Berlin sub aspectul înlocuirii combustibilului superior.

III. 8. Tautz G. (R. F. Germania) : Sistemele de alimentare centralizate cu căldură a zonei Rinului de Jos, bazate pe utilizarea căldurii reziduale.

III. 9. Caira M., Casagrande P., Degli Espinosa P., Guarinod, Moretti P., Naviglio A. (Italia) : Studiu de fezabilitate a sistemului de alimentare centralizată cu căldură pentru o mare suburbie a Romei.

III. 10. Cipollone E., Gobli M., Gramiccia L. (Italia) : Optimizarea centralei de termoficare — un studiu parametric cu ajutorul programului de calcul P. L. P.

III. 11. Cumo M., Caira M., Naviglio A. (Italia) : Dezvoltarea studiilor de alimentare centralizată cu căldură din centralele nuclearoelectrice în Italia.

III. 12. Genova M., Villafranca Soissons G. (Italia) : Programe de calcul în proiectarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură : optimizarea din punct de vedere economic şi impactul cu mediul înconjurător.

III. 13.*) Şuşulov K. N., Batov S. G. (Bulgaria) : Model matematic de siguranţă în funcţionarea reţelei termice.

III. 14. Marecki I., Kraewski, Sali S. (R. P. Polonă) : Studiul eficienţei CET la proiectarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură a zonelor urbane şi industriale.

III. 15. Rossian T. (R. P. Polonă) : Proiectarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură a aglomerărilor urbane, precum şi a zonelor populate şi industriale.

III. 16. Hronek F. (R. S. Cehoslovacă) : Optimizarea transportului căldurii la mare distanţă.

III. 17.*) Vlach J. (R. S. Cehoslovacă) : Limitele maxime ale capacităţilor sistemului de alimentare centralizată cu căldură.

III. 18. Dănilă N., Oancea L. (R. S. România) : Aspecte ale termoficării marilor sere legumicole din România.

III. 19. Wene C.O., Andersson O. (Suedid) : Alimentarea centralizată cu căldură în planificarea pe termen lung a sistemului de alimentare cu energie a unui oraş.

III. 20. Krîlov L. S., Smirnov I. A., Ermakov R. L., Şubin E. P., Ismailov L. D. (U.R.S.S.) : Optimizarea dezvoltării sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

III. 21. Bogal, L., Ermakov, L., Rovek A. I., Stepanian L. N. (U.R.S.S.) : Metode de sporire a randamentului sistemelor de alimentare centralizată cu căldură, bazate pe surse de căldură cu combustibil fosil.

III 22. Zinger N. M., Eshe G. G., Saprikin I. M., Markov I. V. (U.R.S.S.) : Sistemul de alimentare centralizată cu căldură din sursă nucleară în oraşul Gorki.

III. 23. Ivanov B. P., Pik M. M., Andreev G. I., Romanov E. F. (U.R.S.S.) : Experienţa de exploatare, construcţia şi funcţionarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură cu o singură conductă.

III. 24. *) Sviciar A. E., Şnaidman M. I. (U.R.S.S.) : Sistemul de termoficare din centrala nuclearoelectrică Odesa.

Secţia a IV-a — Proiectarea, construcţia şi exploatarea reţelelor de încălzire

IV. 1. Randlov P. (Danemarca) : Realizări recente privind utilizarea conductelor preizolate în Danemarca.

IV. 2. Huovilainen R.T. (Finlanda) : Optimizarea din punct de vedere economic a grosimii stratului de izolaţie la conductele preizolate din sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 3. Linna T. V. (Finlanda) : Tunelul de transport al căldurii la mare distanţă Naantali-Turku.

IV. 4. PROMOCAL, ANCC, SNEC (Franţa) : Analiza comparativă a utilizării apei fierbinţi şi a aburului în sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 5. Winkens H. P. (R. F. Germania) : Transportul căldurii la mare distanţă.

IV. 6. Menihart I., Homonnai G. (R. P. Ungară) : Concepţii noi în proiectarea şi funcţionarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 7. Caira M., Ferroni L., Morri M., Negrenti E. (Italia) : Evaluarea pierderilor de căldură din conductele subterane.

IV. 8. Kucinski D. (R. P. Polonă) : Influenţa proiectării reţelelor termice şi a echipamentelor lor asupra fiabilităţii sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 9. Valasek J. (R. S. Cehoslovacă) : Măsuri de siguranţă în proiectarea, execuţia şi exploatarea reţelelor termice.

IV. 10. Niculescu M., Moţiu C., David N., Lewy S., Alexe F., Sthanasovici V. (R. S. România) : Transportul căldurii la mare distanţă în România.

IV. 11. Werner S. (Suedia) : Pierderile anuale de căldură în reţelele de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 12. Vitaliev V. P. Kraşeninnikov A. N., Krasovitski A. S. (U.R.S.S.) : Stadiul actual şi perspectivele proiectării conductelor de alimentare centralizată cu căldură.

IV.13. Lipovski V. M., Terentiev V. V. (U.R.S.S.) : Experienţa de funcţionare a reţelelor de termoficare din Moscova.

IV. 14. Starodubov V. A., Şcialova G. A. (U.R.S.S.) : Experienţa de funcţionare a reţelelor de termoficare din Leningrad.

IV. 15. Pavlovski V. B. (U.R.S.S.) : Experienţa de funcţionare a reţelelor de termoficare din Kiev.

IV. 16. Ionin A. A., Gromov B. N., Svetlov K. S., Sennova E. V., Krasovski B. M. (U.R.S.S.) : Evaluarea fiabilităţii la proiectare şi exploatarea sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

IV. 17. Pik M. M., Ştiben V. V., Korotkov A. I., Karpov V. G. (U.R.S.S.) : Metode de proiectare uzuale a reţelelor de termoficare.

IV. 18. Strijevski I. V., Suris M. A., Şeremetova A. A., Sokolov R. M. (U.R.S.S.) : Metode de protecţie a conductelor termice subterane contra coroziunii exterioare.

Secţia a V-a — Regimuri hidraulice şi termice în sistemele de alimentare centralizată cu căldură

V. 1. Nedergaard D. (Danemarca) : Avantaje şi probleme ale funcţionării cu temperatură redusă în alimentarea centralizată cu căldură a unei zone urbane.

V. 2. Hokkanen V. (Finlanda) : Reglarea căldurii în instalaţiile consumatorului.

V. 3. Kilipinen U. (Finlanda) : Pompe reglabile în reţeaua de alimentare centralizată cu căldură cu agent apă fierbinte.

V. 4* Baret J., Hetier G. (Franţa) : Conducerea alimentării centralizate cu căldură utilizînd sistemul digital standard de control.

V. 5. Schuricht W. (R. D. Germană) : Utilizarea unităţilor de dispecer în optimizarea funcţionării sistemelor de alimentare centralizată cu căldură prevăzute cu acumulare.

V. 6.* Mayer E. (R. F. Germania) : Tehnici noi de economisire a energiei.

V. 7. Büki G., Gács (R. P. Ungară) : Dispecerizarea economică a sarcinii termice cu marile sisteme de alimentare centralizată cu căldură.

V. 8. Dezsö G., Garbai L., Barna L. (R. P. Ungară) : Regimuri hidraulice şi termice tranzitorii ale sistemului de încălzire centralizată cu apă fierbinte.

V. 9. Ember K., Lipták A., Uhri L. (R. P. Ungară) : Rezultatele măsurilor de economisire a energiei în sistemul de alimentare centralizată cu căldură din Budapesta.

V. 10. Fenyvesi I., Halzl I., Kamarás B., Marton G., Urban Gy. (R. P. Ungară) : Principii şi rezultate ale funcţionării economice în sistemele de termoficare.

V. 11. Caira M., Cumo M., Naviglio A., Sipione L. (Italia) : Incidente în sistemele de alimentare centralizată cu căldură cu parametrii ridicaţi.

V. 11. a. Silveri L., Esposito A. (Italia) : Efectele pozitive ale unui sistem de alimentare centralizată asupra vîrfurilor de sarcină termică.

V. 12. Mumdjian G. S., Kiril A. I., Encev (R. P. Bulgaria) : Influenţa parametrilor sistemului de alimentare centralizată cu căldură asupra reglării sarcinii termice.

V. 13. Nikolov N., Lovecev P., Docev St., Valkova V. (R. P. Bulgaria) : Reglarea alimentării cu căldură. Încălzirea centralizată a zonelor rezidenţiale.

V. 14.* Basai A. (R. P. Polonă) : Schimbătoare de căldură apă-apă şi influenţa lor asupra controlului regimurilor reţelelor de transport al căldurii.

V. 15. Kwiatkowski I., Şolewa L. (R. P. Polonă) : Aspecte economice ale aplicării funcţionării intermitente a încălzirii în clădirile industriale alimentate din sistemul de încălzire urbană.

V. 16. Wasilewski W. (R. P. Polonă) : Dimensionarea hidraulică a reţelelor termice.

V. 17. Cikhart J., Hubáček M. (R. S. Cehoslovacă) : Influenţa măsurii, reglării şi automatizării asupra economicităţii şi siguranţei alimentării cu căldură.

V. 18.* Schaer M. (Elveţia) : Noi funcţii ale punctelor termice din sistemele de alimentare centralizată cu căldură.

V. 19. Cistovici A. S., Gromov N. K. (U.R.S.S.) : Principiile construcţiei raţionale a reţelelor de alimentare cu căldură şi controlul exploatării lor.

V. 20. Gromov B. N., Svinukov B. I., Salman V. I., Kanina N. P., Gedrik G. M. (U.R.S.S.) : Metode de protecţie contra perturbăii regimurilor hidraulice din reţelele termice.

V. 21. Zinger N. M., Monakov G. V. (U.R.S.S.) : Optimizarea asistată de calculator a exploatării sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

V. 22. Markov I. V., Iudkin E. L., Kaplinski I. I. (U.R.S.S.) : Experienţa reglării marilor sisteme de alimentare centralizată cu căldură din oraşe şi centre industriale.

V. 23. Merenkov A. P., Merenkova N. N., Oşepkova T. B., Sidler V. T., Kramov A. V. (U.R.S.S.) : Creşterea eficienţei metodelor de calcul şi optimizarea complexă a sistemelor de termoficare.

V. 24. Sazonov R. P., Şamarin P. A., Zilbermints S. M., Krasovski B. M. (U.R.S.S.) : Protecţia contra coroziunii interioare a elementelor sistemelor de alimentare centralizată cu căldură.

V. 25. Taradai A. M., Sirotenko V. A., Liubarskaia A. I., Petuhova G. A. (U.R.S.S.) : Puncte termice mari pentru un grup de consumatori; căi de perfecţionare.

RECENZIE

ŞERBAN ŢIŢEICA. **Termodinamica.** Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti, 1982 (234 pag.).

Lucrarea are la bază cursul de termodinamică pe care academicianul Şerban Ţiţeica l-a predat timp de aproximativ 25 de ani la Facultatea de fizică a Universităţii din Bucureşti.

Sistematizată pe 13 capitole, după capitolul introductiv, în lucrare se prezintă : cele trei principii ale termodinamicii, problema temperaturii, termodinamica stărilor de echilibru (ale fluidelor, soluţiilor, radiaţiei şi fenomenelor ireversibile), funcţiile termodinamice (ecuaţiile caracteristice generale), echilibre de fază, polarizarea dielectrică şi magnetizarea, inegalităţile de ordin superior.

Cea mai mare atenţie s-a acordat, cum era şi firesc, expunerii principiilor termodinamicii. Cum fără aplicaţii, aceste principii nu prezintă interes deosebit, sînt expuse în lucrare o varietate mare de probleme concrete din domeniile fizicii şi chimiei ; cu aceste exemple s-a urmărit totodată eliminarea impresiei false conform căreia termodinamica nu este aplicabilă decît fenomenelor în care singura formă de lucru mecanic este cea a presiunii la variaţia volumului. Din aceste motive s-a insistat asupra fenomenelor care au loc la magnetizarea şi electrizarea corpurilor ; de asemenea, s-a prezentat în lucrare termodinamica radiaţiei termice, al cărui studiu costituie baza teoriei cuantice. Deşi aplicaţiile termodinamicii la maşinile termice prezintă importanţă deosebită, din motive de spaţiu tipografic, această parte nu este inclusă în cartea de care ne ocupăm.

Metoda de expunere folosită în lucrare este bazată pe funcţiile termodinamice introduse de Gibbs ; această metodă este avantajoasă în privinţa simplităţii şi a generalităţii ; pentru aceste caracteristici, a fost preferată metodei vechi, cea a ciclurilor Carnot între stări cu temperaturi apropiate.

Se arată în lucrare, chiar de la început, că întreaga termodinamică poate fi obţinută pe cale deductivă din fizica statistică ; în acest context, metoda de expunere folosită, menţionată mai sus, reprezintă încă un avantaj. Multe tratate de fizică adoptă această succesiune : întîi fizica statistică şi apoi termodinamica.

Profesorul Şerban Ţiţeica nu procedează în acest fel, deoarece are în vedere faptul că deşi studiul statistic al fenomenelor termice furnizează rezultate exacte, aplicarea lor în practică poate să fie inaccesibilă ; proiectarea unei maşini termice nu se face niciodată pe baza proprietăţilor statistice ale unui fluid ; în schimb, termodinamica se poate aplica oricînd cu ajutorul unor date empirice alese în mod convenabil. În multe cazuri, studiul la scară atomică întîmpină dificultăţi matematice de neînvins, la care se mai adaugă şi faptul că uneori structura sistemelor la scară atomică este cunoscută insuficient ; în aceste cazuri tratarea statistică este irealizabilă. Din aceste motive este necesar să se stăpînească metodele proprii de lucru ale termodinamicii, independent de fundamentarea lor statistică. De altfel, cunoaşterea termodinamicii înlesneşte înţelegerea fizicii statistice ; această disciplină determină mărimi care au proprietăţile funcţiilor termodinamice ale lui Gibbs.

Cartea este scrisă într-un limbaj deosebit de atrăgător şi are un indice ridicat de cunoştinţe raportate la spaţiul tipografic consumat. Lucrarea reprezintă o punere la punct a limbajului aferent unor exprimări încă discutabile ; astfel, de exemplu, exprimarea obişnuită : „lucrul mecanic şi cantitatea de căldură sînt forme de energie" nu este integral corectă ; formularea total corectă este următoarea : „lucrul mecanic şi cantitatea de căldură sînt forme ale schimbului de energie între un sistem şi lumea exterioară". Referitor la diversele teorii din termodinamică, se subliniază cu deosebită insistenţă condiţiile şi aria lor de valabilitate ; se precizează limitele în care este valabilă aproximaţia liniară în relaţiile fizice ; se are în vedere ca efectele neglijabile ale fenomenelor, care se introduc, uneori destul de drastic, din motive de simplificare, să nu altereze aproximarea acceptabilă a realităţii.

Lucrarea se adresează studenţilor şi specialiştilor din domeniul termodinamicii şi motoarelor termice : fizicieni, chimişti, ingineri.

Constantin I. Staicu

Cuprinsul revistei „Energetica" pe anul 1982

I. Articole

Energetică generală, energetică industrială și economia de energie

1. Gh. Tilea : Preocupări în cadrul Centrului de cercetare și proiectare pentru fabricație de țevi și trefilate în vederea reducerii consumului de energie electrică și combustibil la întreprinderea de țevi „Republica" — București, nr. 1, p. 1—5.
2. O. Țuțuianu : Termoviziunea în sprijinul acțiunilor de economisire a energiei, nr. 1, p. 5—9.
3. Gh. Preda : Aspecte tehnico-economice privind reducerea consumului de combustibili în domeniul transporturilor, nr. 4, p. 171—177.
4. N. Antonescu : Arderea cu recirculare de gaze pentru evitarea zgurificării la combustia în strat a lignitilor, nr. 4, p. 177—180.
5. I. I. Purica : Un nou principiu în conversia energiei termice, nr. 5, p. 197—202.
6. D. Bicleșeanu, C. Cazacu, A. Rădulescu, N Pănoiu și L. Mihăescu : Rezultate preliminare la arderea prafului de lignit cu arzătoare cu impact de jeturi la un cazan energetic de 100 t/h, nr. 5, p. 203—207.
7. V. V. Ghia : Influența aburului de pulverizare a păcurii asupra recuperării căldurii gazelor de ardere evacuate din cuptoare, nr. 5, p. 207—212
8. M. V. Stoica : Criterii pentru optimizarea economiei de energie în procesele de conversie ciclică, nr. 6, p. 253—254.
9. Alexandrina Ilaș și D. Pușcașu : Raționalizarea consumurilor energetice în industria cimentului, nr. 7, p. 299—303.
10. C. Buzatu : Considerații privind noi posibilități de economisire a energiei electrice consumate la prelucrările prin așchiere, nr. 7 p. 304—308.
11. Em. Cocoș : Considerații asupra unor posibilități de amenajare a filtrelor absorbante de armonici, nr. 7, p. 308—315.
12. D.M. Potlog : Bilanțul electric al acționărilor cu motoare asincrone, nr. 8, p. 351—365.
13. V. Luca, Fl. Andreescu, Iulia Forje și Al. Forje : Posibilitatea utilizării metodei rezonanței la investigarea transformărilor microstructurale discrete, nr. 8, p. 366—374.
14. Gr. C. Ionescu : Scheme de recuperare a călduri pierdute prin pereți neizolați termic la cuptoarele industriale, nr. 9, p. 408—416.
15. C. Haiduc : Cercetări privind stabilirea schemelor de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate de la diferite tipuri de cuptoare industriale, nr. 10, p. 457—460
16. Fl. Alexe, Stela Dumitrescu, E. Negrea, Dana Iacob, C. Balogh și D Dumitrașcu : Optimizarea utilizării combustibilului și căldurii la întreprinderi de prelucrare primară a lemnului, nr. 10, p. 461—467.
17. A. Nabijovici : Cicluri energetice pentru utilizarea gazului de cărbune nr. 10. p. 468—473.

Reducerea consumurilor specifice de combustibil și energie electrică în centralele electrice

1. T. Sirbu și O. Szaboles : Considerente cu privire la efectele economice ale scăderii puterii calorice pentru lignitul livrat centralelor termoelectrice, nr. 1, p.9—13.
2. Elena Gatman-Săndulescu, Cr. Totolo și Anca Penu : Metode de determinare a măcinabilității cărbunilor inferiori, nr. 2, p. 55—57.
3. Vl. Nicu : Reducerea consumului propriu de energie electrică în producerea și livrarea energei termice, nr. 2, p. 58—60.
4. C. Dumitru : Influența variației debitului de apă de răcire asupra funcționării circuitului de răcire al unei centrale electrice, nr. 2, p. 60—64.
5. G. Chercea : Aplicarea conceptului de similitudine la morile-ventilator, nr. 3, p. 97—100.

Reducerea și eliminarea consumurilor de hidrocarburi

1. Th. Popa, Cr. Totolo și I. Müller : Arderea cărbunelui brun cu conținut ridicat de cenușă, fără suport de hidrocarburi, nr. 7, p. 315—322.
2. C. C. Neaga : Caracteristicile constructive și funcționale ale schemei deschise, cu buncăr intermediar, de pregătire a prafului de combustibil solid, nr. 9, p. 416—420.
3. C. Ungureanu, M. Nagi, I. Goleșteanu și M. Ionescu : Cercetări experimentale privind pierderile de presiune la intrarea gazelor de ardere în coșul de fum, nr. 10, p. 473—478.

IV. Reducerea consumurilor tehnologice proprii în rețelele electrice

1. D. Cristescu și A. Timotin : Influența pierderilor longitudinale și transversale asupra formei supratensiunilor, nr. 3, p. 101—105.
2. F. Vatră și A. Cristovici : Metodologie de calcul al pierderilor de putere activă în conductoarele de protecție, nr. 5, p. 213—220.
3. S. Darie și H. Bălan : Asupra proiectării și realizării unui contor electronic pentru măsurarea pierderilor de energie electrică pe liniile electrice, nr. 5, p. 220—224.
4. Fl. Predan : Repartiția pe diferite zone a consumului tehnologic înregistrat în rețelele de transport din sistemul electroenergetic, nr. 9, p. 421—426.
5. E. Potolea : Estimarea regimului optim al unui sistem electroenergetic, nr. 10, p. 479—485.

Creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic și a elementelor acestuia

1. M. Nemeș, D. Văcaru și St. Arenstein : Factorul de supratensiune la scurtcircuit monofazat în rețelele de distribuție cu neutrul tratat prin rezistor de limitare,nr. 1, p. 13—16.
2. Al. Tănăsescu și H. Mărieș : Impedanțele cablurilor cu izolație de polietilenă termoplastică tip A2YSY—12/20 kV, nr. 1, p. 17—22.
3. St. Panțu : Metode de pasivizare a suprafețelor metalice active din construcția transformatoarelor de mare putere și înaltă tensiune, nr. 1, p. 23—26.
4. H. Mărieș și M. Popescu : Compensarea puterii reactive în condițiile regimului deformant, nr. 2, p. 64—69.
5. L. Lup : Condiții de oportunitate a utilizării energiei solare în centralele termoelectrice sau termice, nr. 2, p. 69—76
6. F. Vatră și A. Cristovici : Considerații privind soluțiile de tratare a conductoarelor de protecție ale unei LEA. Partea I, nr. 3, p. 106—111.
7. E. Covar : Scheme simplificate pentru partea de 6 kV a stațiilor de 110/6 kV ce alimentează întreprinderi industriale, nr. 3, p. 112—121.
8. R. Sfichi : Considerații cu privire la comportarea bateriilor de condensatoare-șunt pentru compensarea puterii reactive în stațiile de transformare de 110 kV/MT ce alimentează consumatori deformanți, nr. 3, p. 121—127.
9. Elena Gatman-Săndulescu și Cr. Totolo : Studiul măcinabilității cărbunilor din bazinul Oltenia-Nord și influența variației acestora asupra performanțelor morii-ventilator, nr, 6, p. 255—260.
10. L.Lup : Indici de disponibilitate la agregatele din centralele electrice, nr. 6, p. 260—265.
11. I. Popescu, D. Lixăndroiu și Al. Forje : Testarea secvențială a fiabilității sistemelor energetice reparabile prin intermediul prețului de cost al pieselor de schimb, nr. 6, p. 266—270.
12. R. Băncilă, D. Mateescu și I. Appeltauer : Cu privire la stabilitatea montanților alcătuiți dintr-o cornieră cu rezemare alternantă, la stipii metalici ai liniilor electrice aeriene, nr. 6, p. 271—276.

13. D. Cristescu și P. Postolache : Posibilități de reducere a dimensiunilor coronamentelor liniilor prin îmbunătățirea protecției contra supratensiunilor atmosferice și utilizarea eficientă a distanțelor de izolare, nr. 7, p. 322—237.
14. L. Stanisavlievici : Considerații privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur, nr. 7, p. 327—332.
15. R. Enache : Aspecte ale determinării și corelației amplitudinii și duratei frontului undelor de supratensiune, nr. 9, p. 425—432.
16. F. Vatră : Supratensiuni temporare generate de separarea bruscă de sarcini în circuite liniare, nr. 9, p. 433—439.
17. D. Cernomazu : Considerații privind proprietățile codurilor grupelor de conexiuni determinate prin metoda curentului continuu, nr. 9, p. 440—446.
18. Al. Tănăsescu, H. Măriș și Marina Russ : Impedanțele cablurilor tip A2YSY—12/20 kV însoțite cu un conductor de pământ, nr. 10. p. 485—489.
19. E. Covar : Sistem de protecție prin relee pentru o rețea electrică radială, nr. 11, p. 509—519.
20. C. Mihăileanu și J. Constantinescu : Condiții de închidere a buclelor în rețelele de înaltă tensiune, nr. 11 p. 520—523.
21. O. Georgescu și D. Tomescu : Unele aspecte privind capacitatea de detecție a erorilor de transmisie în cadrul codurilor polinomiale ciclice, nr. 12, p. 571—574

Extinderea și creșterea eficienței termoficării

1. I. Gh. Carabogdan ș.a. : Efectele distanței de transport asupra regimului de alimentare cu căldură a consumatorilor de apă fierbinte, nr. 4, p. 181—186.
2. D. Neștianu, S. Boboc și M. Popovici : Posibilități de funcționare în regim de termoficare a turbinei de condensație de 200 MW — LMZ. Soluții și performanțe, nr. 4, p. 187—191.
3. Vl. Nicu : Puterea electrică netă în regim de termoficare în perioadele de reducere a livrărilor de căldură prin apă fierbinte, nr. 5, p. 225—226.
4. C. Brătianu : Determinarea cîmpului de temperaturi în pereții conductelor termice, nr. 6, p. 277—181.
5. Gr. Iorgulescu și O. Tuțuianu : Aspecte privind regimurile de încălzire a locuințelor în sistemul de termoficare București în iarna 1980—1981, nr. 11, p. 524—528.

Surse și tehnologii noi în energetică

1. C. Haiduc : Cercetări pe modele asupra procesului de transfer de căldură la fierberea apei pe elemente de combustibil nuclear, prevăzute cu ondulații triunghiulare rotunjite la vîrf și la bază, nr. 1, p. 27—34.
2. A. Ruiu : Turbine cu freon pentru centrale solare de mică putere, nr. 3, p. 127—132.
3. P. Militaru, Z. I. Neag și C. Petrescu : Concepția liniilor electrice aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune, ținînd seamă de relația cu mediul înconjurător, nr. 3, p. 133—138.
4. I. Ursu și I. Purica : Criterii de optimizare în utilizarea complexă a energiei nucleare, nr. 4, p. 151—156.
5. C. Mihăileanu, Al. Florescu, N. Burchiu, M. Ghițulescu și T. Dragomir : Utilizarea pompelor de căldură în România, nr. 4, p. 157—163.
6. F. Chiriac, D. Hera, K. Cotovschi, V. Minea și H. Barbu : Sisteme de recuperare a căldurii cu pompe de căldură de puteri foarte mari, nr. 4, p. 163—167.
7. N. Dănilă, I. S. Dumitrescu și V. Mușatescu : Contribuții privind folosirea pompelor de căldură la valorificarea pentru încălzirea incintelor, a apelor geotermale sau a resurselor energetice secundare de joasă temperatură, nr. 4, p. 167—170.
8. Al. Dănescu ș.a. : Sisteme de captare a energiei solare cu concentratoare cilindro-parabolice, nr. 5, p. 227—229.

Protecția mediului înconjurător și a elementelor acestuia

1. R. Andone ș.a. : Măsuri de protecție anticorosivă a aparatajului electric destinat să funcționeze în zone cu agresivitate chimică, nr. 6, p. 282—285.
2. L. Stanisavlievici : Considerații privind reglementările regimului chimic al apei pentru generatoarele de abur din centralele termice nucleare, nr. 10. p. 490—493.
3. Alice Cocoș : Tehnologii de curățire a țevilor schimbătoare de căldură de depunerile formate pe partea de apă de răcire în CTE, nr. 11, p. 529—532.
4. Iulia Forje și M. Mitroi : Tubulatura cazanului. Fenomene pe partea de apă (abur) : coroziunea de cazan, nr. 12, p. 575—581

Valorificarea potențialului hidroenergetic al țării

1. P. Neagoe : Considerații privind controlul și refacerea protecției anticorosive a blindajului puțului forțat la centrala hidroelectrică Tismana după funcționarea de durată, nr. 6, p. 286—289.
2. D. Scorțea : Propuneri pentru îmbunătățirea condițiilor de execuție a centralelor hidroelectrice de mare cădere, nr. 7, p. 332—334.
3. Lazăr Nicolae : Considerații privind accesul în galeriile forțate de la centralele hidroelectrice,nr. 7, p. 334—335.
4. S. Dedu : Creșterea eficienței funcționării hidroagregatelor CHE Porțile de Fier, I, nr. 8, p. 374—382.
5. D. Spiridon : Determinarea preliminară a principalilor parametri hidroenergetici ai centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompaj, nr. 9, p. 446—451.
6. C. Dumitru : Considerații privitoare la aportul energetic al turnurilor de răcire la funcționarea circuitului de răcire al unei CTE, nr. 10, p. 493—501.
7. D. Spiridon : Considerații privind parametrii hidroenergetici principali ai CHE cu acumulare prin pompaj echipate cu mașini hidraulice reversibile, nr. 11, p. 533—540.
8. S. Cerchez : Experiment de spălare a depunerilor de aluviuni și dificultăți la prizele CHE de pe Olt la viitura din mai 1981, nr. 12, p. 582—586

II. Prognoză, informatică, conducere

1. A. D. Popescu : Impactul informatizării asupra managementului, nr. 8, p. 382—386.

III. Energetica în alte țări

1. D. Spiridon : Potențialul hidroenergetic al Chinei,nr. 7, p. 336—337.
2. P. Cartianu : Politica energetică a unei țări cu intensă folosire a energiei electrice — Norvegia, nr. 8, p. 387—392.

IV. Monografii

1. P. Cartianu : Din evoluția concepției și soluțiilor pentru alimentarea cu energie electrică a orașului București, nr. 2 p. 83—86

V. Schimb de experiență în exploatare

1. M. Popescu : Evaluarea efectelor regimului deformant asupra bateriilor de condensatoare prin măsurarea coeficientului de distorsiune a tensiunii de alimentare, nr. 5, p. 230—231.
2. Ov. Mustață ș.a. : Asupra citorva aspecte tehnico-economice privind proiectarea în construcția microhidrocentralelor în cadrul IRE Suceava, nr. 12, p. 587—593

VI. Cronică

1. G. Drăgan : Reuniunea Grupei de lucru CIGRE WG 33.01, nr. 1, p. 36.
2. C. Irinei : Conferința „Iluminatul — economie de energie" Budapesta, 14—17 septembrie 1981, nr. 1, p. 37—38.
3. C. Haiduc : A 7-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de cercetări științifice și inginerie tehnologică pentru echipamente energetice și mașini de ridicat, nr. 1, p. 38—40.
4. M. David : Primul Simpozion al rețelelor electrice, Iași 7—9 octombrie 1981, nr. 2, p. 86—87.
5. P. Iancovici : Al VI-lea simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", nr. 2, p. 87—89.
6. C. Bâlă : Aniversarea centenarului reorganizării în anul 1881 a Școalei naționale de poduri și șosele din București, nr. 5, p. 234—235.

7. R. Sfichi : Consfătuirea de lucru pe tema valorificării micropotențialului hidroenergetic al țării, Suceava, 27—28 aprilie, 1982, nr. 7, p. 340.
8. M. Duma : Dezbatere : Asigurarea economiei naționale cu energie și economisirea energiei în perioada pînă în anul 2010 (2020), nr. 8, p. 394—396.
9. I. Măiereanu : Consfătuirea pe țară privind reducerea consumului de energie electrică și termică și încadrarea în cotele aprobate, nr. 11, p. 545—550.

VII. Diverse

1. *** Premiul fundației Montefiori 1981 acordat lui Paul Dimo, nr. 2, p. 51—54.
2. C. Mihăileanu : Reuniunea ONU privind energetica mondială în deceniul al 9-lea, nr. 6, p. 247—252.
3. N. Dănilă : A IX-a Consfătuire a termoenergeticienilor din România, nr. 4, p. 147—150.
4. C. Mihăileanu : Centenarul electroenergeticii pe teritoriul României, nr. 12, p. 561
5. P. Cartianu : Începuturile folosirii electricității pe teritoriul României. Evoluția spre electroenergetică. Contextul mondial, nr. 12, p. 562—566
6. C. Dinculescu : 100 de ani de la realizarea primelor instalații industriale de producere, transport și distribuție de energie electrică în România, nr. 12, p. 567—569
7. I. Purica: La 50 de ani de la descoperirea neutronului și 25 de ani de funcționare a primului reactor nuclear din România, nr. 12, p. 569—570

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review „Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review „Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review „Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review „Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**

Abonați-vă la

Revista ENERGETICA!

Citind cu regularitate revista ENERGETICA veți fi bine informați, în principal asupra activității din domeniul energetic din țara noastră precum și din alte țări.

Revista ENERGETICA vă informează asupra problemelor de: energetică generală, energetică industrială, economie de energie, reducere a consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică în centralele electrice, reducere și eliminare a consumului de hidrocarburi, reducere a consumurilor tehnologice în rețelele electrice, creștere a siguranței în funcționarea sistemului energetic și a elementelor acestuia, extindere și creștere a eficienței termoficării, creștere a productivității muncii, valorificare a resurselor hidraulice, protecție a mediului înconjurător și a instalațiilor energetice, surse noi, reînnoibile și noi tehnologii în energetică.

Revista ENERGETICA urmărește, de asemenea, informarea specialiștilor din domeniul energetic asupra: problemelor rezultate din documentele de partid și de stat, noutăților tehnice din țară și din străinătate, realizărilor deosebite din sectorul energetic și în principal a celor care pot fi extinse sau generalizate etc.

*

Totodată, colaborînd la revista ENERGETICA participați la schimbul de idei și de experiență, contribuind nemijlocit la progresul tehnic al energeticii românești.

. . . . . .

CERERE DE ABONAMENT LA REVISTA ENERGETICA

Întreprinderea . . . . . .

Subsemnatul . . . . . .

din locatatea. . . . . str.. . . . . nr. . . bl. . . . . .

sc. . . . . .et. . . . . ap. . . . . sect. . . . .cod poștal. . . .telefon . . . . . .

. . . . . județul . . . . . solicit . . . . . abonament(e)

care va (vor) fi expediat(e) la adresa de mai sus.

C/v abonamentelor (lei 144 un abonament) de lei. . . . . .am achitat-o în contul ICEMENERG 30.11.8.01.01., BN RSR fil. 3, București, cod 74568, prin m.p.nr. . . . . .

din. . . . . sau la casieria ICEMENERG REDACȚIEI cu chitanța . . . . . .

nr. . . . . din. . . . . .

Data. . . . . .

Semnătura

. . . . . .

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

TCI•CNE CERNAVODA

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII INSTALAŢII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE

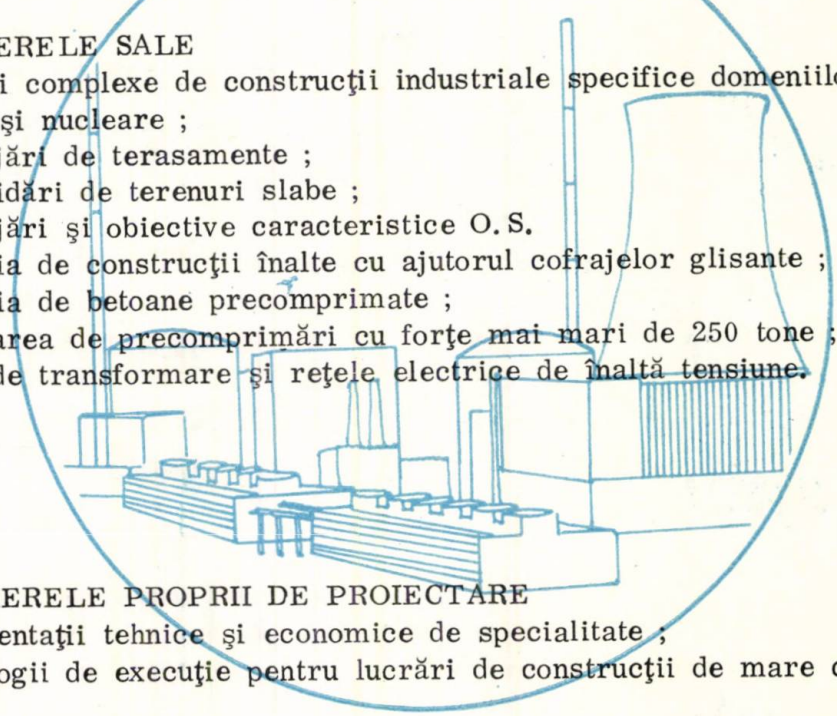
● Str. Atomiştilor 1 ● Jud. Constanţa ● Telefon: 912/38150 ● Telex: 1 45 32 T.C.I.C.N. ●

TRUSTUL DE CONSTRUCTII INSTALATII CENTRALE NUCLEAROELECTRICE

Realizează şi execută :

PRIN SANTIERELE SALE

- Lucrări complexe de construcţii industriale specifice domeniilor energetice şi nucleare ;
- Amenajări de terasamente ;
- Consolidări de terenuri slabe ;
- Amenajări şi obiective caracteristice O. S.
- Execuţia de construcţii înalte cu ajutorul cofrajelor glisante ;
- Execuţia de betoane precomprimate ;
- Realizarea de precomprimări cu forţe mai mari de 250 tone ;
- Staţii de transformare şi reţele electrice de înaltă tensiune.



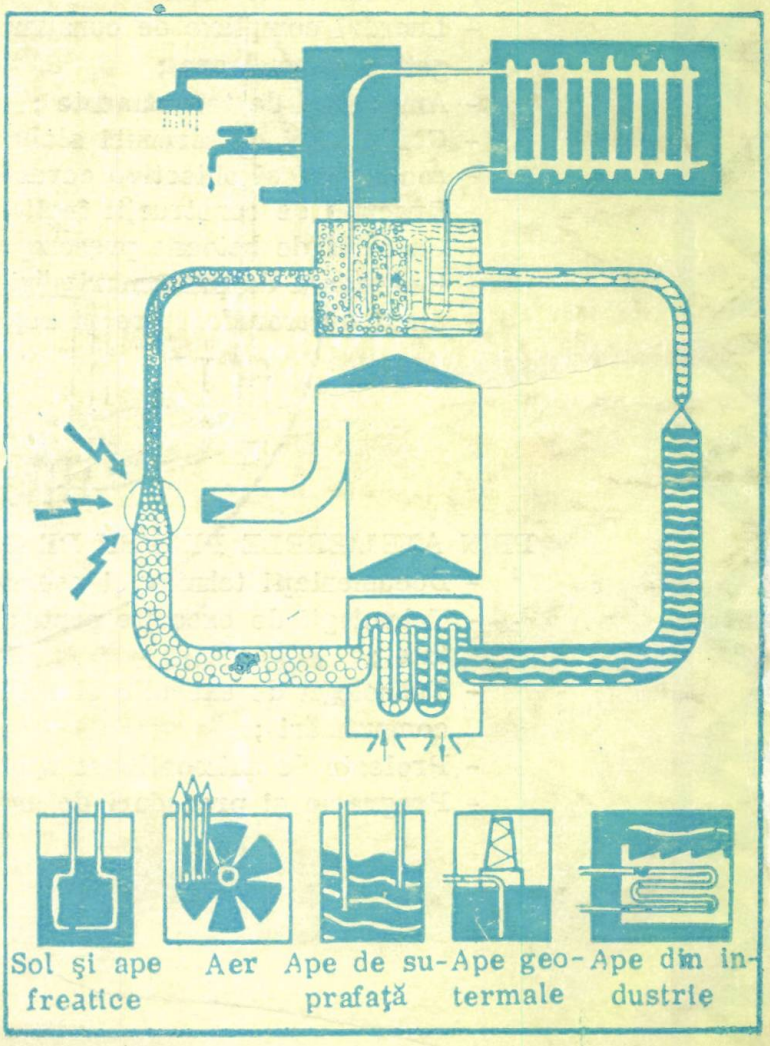
PRIN ATELIERELE PROPRII DE PROIECTARE

- Documentaţii tehnice şi economice de specialitate ;
- Tehnologii de execuţie pentru lucrări de construcţii de mare complexitate ;
- Tehnologii de execuţie şi montaje de instalaţii pentru glisări şi precomprimări ;
- Proiecte de automatizare a bazelor de producţie ;
- Programe şi proceduri de asigurare a calităţii lucrărilor.

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETARI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

1983 AUG 4

NOU! ECONOMIC! EFICIENT!

POMPE DE CALDURA